

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA**



**CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOQUÍMICA DEL
AFLORAMIENTO ROCOSO DENOMINADO GRAN REY
UBICADO AL NORESTE DE LA CARRETERA PALMA SOLA -
GURÍ, KILÓMETRO 41, COORDENADAS UTM-REGVEN 20P N
881624 E 479236 MUNICIPIO HERES DEL ESTADO BOLÍVAR**

**TRABAJO FINAL DE
GRADO PRESENTADO POR
LA BACHILLER ANDREA
C, TILLERO O PARA
OPTAR AL TÍTULO DE
GEÓLOGO**

CIUDAD BOLIVAR, NOVIEMBRE 2017



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

ACTA DE APROBACIÓN

Este trabajo de grado titulado “**CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOQUÍMICA DEL AFLORAMIENTO ROCOSO DENOMINADO GRAN REY UBICADO AL NORESTE DE LA CARRETERA PALMA SOLA - GURÍ, KILÓMETRO 41, COORDENADAS UTM-REGVEN 20P N 881624 E 479236 MUNICIPIO HERES DEL ESTADO BOLÍVAR.**”, presentado por el bachiller: **ANDREA C, TILLERO O**, cédula de identidad V-22.971.383. Para optar al título de Geólogo, ha sido **APROBADO**, de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombre	Firma
<u>Profesor Enrique Acosta</u> (Asesor)	_____
<u>Profesora Berenice Sandoval</u> (Jurado)	_____
<u>Profesor José Simón Gonzalez</u> (Jurado)	_____
_____ Profesor Rosario Rivadulla Jefe del Departamento de Geología	_____ Profesor Francisco Monteverde Director de la Escuela Ciencias de la Tierra

Ciudad Bolívar, 06 de Noviembre 2017.

DEDICATORIA

Dedico mis primeras palabras a Dios por darle sentido a mi vida, acompañarme en cada instante y hacer de mi vida un plan perfecto.

A mi madre Yuraima Oliveros, por ser mi gran inspiración y soñar conmigo desde el primer día este momento, a Edgar Acuña por su apoyo incondicional, este logro también es de ustedes.

A mi papá Andres Eloy Tillerero y a mi hermano Luis Andres Tillerero, aunque no están conmigo físicamente estoy segura que en el cielo están felices de ver este sueño hacerse realidad, los amo infinito.

A mi Diana Victoria dedico mi gran logro por ser lo mejor y mas bello que le ha pasado a mi vida.

A mis queridas abuelas Carmen Fernandez y Carmen Palmares por estar siempre, por su amor y por confiar en mi, en especial a la que se sentiría mas feliz de verme formada como profesional, a ti, Irma Figuera, sé que desde el cielo celebras con nosotros este logro.

A toda mi familia en general por estar pendiente siempre, es especial a mis tios Benito, Eloina, Maria, Mery, Mary, Gabriela y Liseth, Magali, a mis primos Geanmari y Carlos y a los consentidos de la familia por ser inspiración para mí.

A mi hermana Mayrene Requena por ser incondicional, por tantos momentos compartidos, por estar en las buenas y en las malas pero sobretodo por ser mi amiga.

A Ernesto Hurtado por darme motivos de felicidad, y llenar mi vida de alegrías.

AGRADECIMIENTOS

Mis mayores palabras de profundo agradecimiento a mi Dios Todopoderoso por su amor y misericordia infinita, por haberme llenado de sabiduría y fortaleza para ver hecho realidad una de mis tantas metas.

A la Universidad de Oriente por abrirme las puertas y permitirme formarme como profesional, a cada profesor por su dedicación, enseñanzas y más, a mi asesor académico, el profesor Enrique Acosta por su valiosa colaboración.

A mis padres, Yuraima Oliveros y Edgar Acuña, por ser mi gran ejemplo a seguir, animarme, creer en mí, y por ser mi apoyo incondicional.

A mi princesa Diana Victoria, hermana gracias por tanto, por ser mis ganas y darme infinidad de motivos para seguir soñando.

A mi toda mi familia, tíos, primos, abuelos, ahijados, y a la familia que me regalo la vida también, por confiar en mí, animarme y estar pendiente siempre.

A mis amigos Margarita Totesaut, Jhonmar Giraldez, Eizon Bastardo, Omar Pinzón, por cada momento compartido, en especial a mis amigas Mayrene Requena y Evelyn Flores por convertirse en hermanas de vida.

A mi novio Ernesto Hurtado por su comprensión, apoyo, amor y por estar siempre.

RESUMEN

El presente trabajo muestra los resultados de la investigación geológica realizada al afloramiento de roca con posible uso ornamental denominado Gran Rey, ubicado en la vía Palma Sola-Gurí, kilómetro 41, municipio autónomo Heres del estado Bolívar. El objetivo general de esta investigación es reconocer de forma geológica y geoquímica el afloramiento Gran Rey, donde los objetivos específicos planteados son: 1) Delimitar el afloramiento a través de levantamiento topográfico, mediante la lectura y registro de coordenadas mediante el uso de geoposicionador satelital (GPS). 2) Clasificar el tipo de roca presente en la zona por medio de descripciones macroscópica y textural de las muestras del afloramiento Gran Rey. 3) Elaborar el mapa geológico de superficie, para la determinación de las unidades geológica presente en el área. 4) Determinar las reservas del afloramiento rocoso Gran Rey con fines de aprovechamiento como recurso de mineral no metálico, a través del método computarizado de las Isolineas. 5) Analizar la composición geoquímica del afloramiento Gran Rey a través de ensayos de laboratorio geoquímico. El afloramiento Gran Rey se localiza dentro del Complejo de Imataca y la Faja de Santa Rosa. En el área se determinó la presencia de dos (02) unidades geológica, las cuales son: Gneis granítico; de la Provincia Geológica de Imataca y la unidad de sedimentos recientes. Las muestras presentan un promedio de los siguientes minerales: Cuarzo (26%), Feldespato potásico (35%), Plagioclasa sódica (20%), Biotita (12%), Anfíbol (7%). Del ensayo petrográfico se apreció la presencia de minerales opacos (magnetita, hematita e ilmenita, apatito, presencia de cuarzo, un mayor porcentaje de biotita, cierta cantidad de feldespato tipo microclino. La clasificación del tipo de rocas del afloramiento en estudio se determinó un monzogranito según lo estudiado con el diagrama de Streckeisen. Los cálculos del volumen de roca, obtenido como reserva probable son de 13.967,75 Tn de roca para explotación.

CONTENIDO

	Página
ACTA DE APROBACIÓN	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN.....	iv
CONTENIDO	v
LISTA DE TABLAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE APÉNDICES	xi
LISTA DE ANEXOS	xii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	2
1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 Objetivos de la investigación	2
1.2.1 Objetivo general	2
1.2.2 Objetivos específicos.....	3
1.3 Justificación de la investigación.....	3
1.4 Alcance de la investigación.....	3
1.5 Limitaciones de la investigación	4
CAPÍTULO II	5
2.1 Ubicación geográfica del área de estudio.....	5
2.2 Acceso al área de estudio	6
2.3 Características físico-naturales del área de estudio.....	6
2.3.1 Clima	6
2.3.2 Vegetación.....	7
2.3.3 Suelo.....	7
2.3.4 Drenaje	8
2.4 Geología regional	8
2.4.1 Edad y extensión geográfica.....	9
2.4.2 Litología de Imataca.....	9

2.4.3 Aspectos geomorfológicos	10
2.4.4 Geología estructural	11
CAPÍTULO III	12
3.1 Antecedentes de la investigación	12
3.2 Bases teóricas	12
3.2.1 Granitos	12
3.2.2 Estudio de rocas ornamentales	13
3.2.3 Propiedades específicas de los afloramientos	14
3.2.4 Fracturamiento.....	14
3.2.5 Alteraciones.....	15
3.2.6 Factores condicionantes de la explotabilidad.....	15
3.2.7 Oxidaciones	15
3.2.8 Topografía	16
3.2.9 Tamaño del afloramiento	17
3.2.10 Recubrimientos	17
3.2.11 Impacto ambiental.....	17
3.2.12 Existencia de canteras	17
3.2.13 Canteras de uso ornamental	17
3.2.14 Geoquímica.....	18
3.2.15 Diaclasas	18
3.2.16 Mapa geológico.....	18
3.2.17 Rocas metamórficas	19
3.2.18 Metamorfismo.....	20
3.2.19 Condiciones que controlan el metamorfismo	20
3.2.20 Tipos de metamorfismo	21
3.2.21 Minerales metamórficos más comunes	23
3.2.22 Intemperismo	26
3.2.23 Levantamiento topográfico	28
3.2.24 Curvas de nivel.....	29
3.2.25 Perfil topográfico	31
CAPÍTULO IV	32
4.1 Tipo de investigación	32
4.2 Diseño de la investigación.....	32
4.3 Población de la investigación	33
4.4 Muestra de la investigación.....	33
4.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	33

4.5.1 Técnicas a utilizar para la recolección de los datos.....	34
4.6 Instrumentos a utilizar para la recolección de los datos	34
4.7 Diagrama de flujo de la metodología de trabajo	35
4.7.1 Revisión bibliográfica	36
4.7.2 Etapa de campo	36
4.7.3 Etapa de oficina.....	38
4.8 Redacción del informe final	43
CAPÍTULO V	44
5.1 Delimitación del afloramiento a través de levantamiento topográfico	44
5.2 Clasificar el tipo de roca presente en la zona	45
5.2.1 Muestra M-1 (Gneis feldespático).....	45
5.2.2 Muestra M-2 (Gneis cuarzo feldespático biotítico).....	47
5.2.3 Descripción microscópica de roca Gneis cuarzo feldespático biotítico	48
5.2.4 Interpretación del protolito granítico de rocas del afloramiento Gran Rey....	49
5.3 Elaborar el mapa geológico de superficie	51
5.4 Determinar la reserva del afloramiento rocoso Gran Rey	52
5.5 Analizar la composición geoquímica del afloramiento Gran Rey	53
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	56
REFERENCIAS	58
APÉNDICES.....	62
ANEXOS	65

LISTA DE TABLAS

	Página
2.1 Coordenadas que delimitan el afloramiento Gran Rey.	5
5.1 Porcentaje de minerales presenta en la muestra 01.	46
5.2 Porcentaje de minerales presenta en la muestra 02.	47
5.3 Análisis geoquímico del afloramiento Gran Rey.	54

LISTA DE FIGURAS

	Página
2.1 Ubicación del afloramiento Gran Rey.....	5
2.2 Acceso al área afloramiento Gran Rey.....	6
2.3 Vegetación del afloramiento Gran Rey.....	7
2.4 Mapa de Provincias geológicas del estado Bolívar.....	9
2.5 Aspectos geomorfológicos de afloramiento Gran Rey.	11
3.1 Roca granítica félsica.	13
3.2 Bloque de granito para estudio de roca ornamental	13
3.3 Fracturamiento de roca debido a los cambios de variables físicas.....	14
3.4 Meteorización de la roca debido a los cambios químicos.	15
3.5 Oxidación de una roca rica en hierro	16
3.6 Mapa topográfico computarizado donde se elaboran las curvas de nivel,.....	16
3.7 Diaclasa en macizo rocoso por inestabilidad de los minerales.	18
3.8 Roca metamórfica con textura genésica.....	19
3.9 Tipo de metamorfismo.	20
3.10 Minerales metamórficos más comunes	23
3.11 Mineral Almandino	24
3.12 Mineral Estauroлита.....	24
3.13 Mineral Clorita	25
3.14 Topografía tridimensional (3D).	29
3.15 Representación digital de un terreno con curvas de nivel	30
3.16 Representación digital de perfil utilizando curvas de nivel.	31
4.1 Diagrama de flujo de la metodología de trabajo	35
4.2 Reconocimiento del macizo rocoso denominado Gran Rey..	36
4.3 Levantamiento topográfico del afloramiento Gran Rey.	37
4.4 Toma de muestras representativa del afloramiento Gran Rey	38
5.1 Modelo digital de elevación del afloramiento Gran Rey (noreste).	44
5.2 Gneis cuarzo feldespáticos biotíticos	45

5.3 Muestra M1 con presencia de minerales gris claro con tono rosado.	46
5.4 Porcentaje de minerales en la muestra 01.	46
5.5 Muestra 02 con presencia de minerales de color gris claro rosáceo.	47
5.6 Porcentaje de minerales en la muestra 02.	47
5.7 Descripción microscópica de roca Gneis cuarzo feldespático.	48
5.8 Diagrama de Streckeisen.	50
5.9 Mapa geológico del afloramiento Gran Rey (noreste).	51
5.10 Sección transversal A-A' con dirección Suroeste-Noreste.	52
5.11 Sección transversal B-B' con dirección Noroeste-Sureste.	52
5.12 Cálculos del volumen de roca.	52
5.13 Diagrama de Wilson.	55

LISTA DE APÉNDICES

	Página
A 1 Ensayo Geoquímico de las muestras recolectadas en el afloramiento	64

LISTA DE ANEXOS

1. Mapa topográfico del afloramiento Gran Rey (Noreste).
2. Mapa geológico del afloramiento Gran Rey (Noreste).

INTRODUCCIÓN

El Escudo de Guayana, es una de las regiones de Venezuela que se ha caracterizado siempre por sus rasgos geológicos y mineros. En él podemos encontrar un gran número de minerales, como lo son el oro, hierro, bauxita, caolín, entre otros; pero no solo los minerales son abundantes en Guayana; en esta parte del país también se encuentran gran cantidad de rocas ígneas y metamórficas que por su belleza, resistencia y gama de colores, se han venido utilizando como rocas ornamentales y como material de construcción; entre ellos tenemos granitos, esquistos, gabros.

El Instituto Autónomo Minas Bolívar (IAMIB), es uno de los entes encargados en el estado, de llevar el control de las diversas actividades realizadas por las empresas que explotan minerales no metálicos; es por ello que surge la necesidad de realizar estudios geológicos en diferentes zonas de la región, los cuales son vistos como posibles prospectos mineros.

El presente trabajo muestra los resultados de la investigación geológica realizada al afloramiento de rocas con posible uso ornamental ubicado kilómetro 41, vía Palma Sola - Gurí, municipio autónomo Heres del estado Bolívar.

En consecuencia, en este estudio se determinarán los factores que precisan la factibilidad de caracterizar desde el punto de vista ornamental los granitos presentes en la zona, para el aprovechamiento del material.

Entre los factores que definen la explotabilidad de la roca, se encuentran: el grado de fracturamiento, la alteración que afecta a los minerales que componen la roca, la homogeneidad textural, la presencia de minerales oxidantes, determinadas características físico-mineralógicas que puedan afectar la calidad de la roca y que condicionan el mayor o menor precio del producto en el mercado.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento del problema

La creciente demanda y comercialización de rocas graníticas con fines ornamentales ha permitido la apertura de nuevas empresas y el crecimiento de las ya existentes generando de esta forma empleos directos e indirectos, de ahí la importancia de realizar reconocimientos geológicos apropiados para el mejor aprovechamiento de las rocas y el empleo adecuado de las técnicas y procesos mineros para su explotación. El reconocimiento geológico se debe hacer tras el estudio de toda la información previa disponible y de una visita general de la zona que permita identificar el estado del afloramiento, los estudios geológicos deben proporcionar información suficiente sobre las características geológicas del afloramiento como; geológico de superficie, características texturales más resaltantes, geomorfología, entre otras, en la cual se plantean las hipótesis y conclusiones que permitan la toma de decisiones en materia de explotación y factibilidad de cualquier proyecto de rocas ornamentales o piedra picada que se pretende desarrollar en la zona a evaluar, en tal sentido se realizara una caracterización geológica y geoquímica del afloramiento rocoso denominado Gran Rey ubicado en la carretera Palma Sola - Gurí, kilómetro 41, municipio Heres del estado Bolívar.

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Caracterizar de forma geológica y geoquímica el afloramiento rocoso denominado Gran Rey ubicado al noreste de la carretera Palma Sola - Gurí, kilómetro 41, coordenadas de referencia UTM-REGVEN 20P N 881624 E 479236, municipio Heres del estado Bolívar.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Delimitar el afloramiento a través de levantamiento topográfico, mediante la lectura y registro de coordenadas con el uso de geoposicionador satelital (GPS).
2. Clasificar el tipo de roca presente en la zona por medio de descripciones macroscópica y textural de las muestras del afloramiento Gran Rey.
3. Elaborar el mapa geológico de superficie, para la determinación de las unidades geológicas presente en el área.
4. Determinar las reservas del afloramiento rocoso Gran Rey con fines de aprovechamiento como recurso de mineral no metálico, a través del método computarizado de las Isolineas.
5. Analizar la composición geoquímica del afloramiento Gran Rey a través de ensayos de laboratorio.

1.3 Justificación de la investigación

El estudio geológico del afloramiento Gran Rey expuesto en el margen izquierdo de la vía Palma Sola - Guri, ubicado en el kilómetro 41, municipio Heres del estado Bolívar, será desarrollado para la verificación de potencialidades minero y geológicos de los granitos expuestos en esta zona, el cual permitirá establecer las características de la roca, obtenido a partir de la inspección directa, levantamiento topográfico, mapa geológico de superficie y ensayo de laboratorio.

1.4 Alcance de la investigación

Mediante el presente trabajo se pretende desarrollar una caracterización geológico a detallado del afloramiento denominado Gran Rey, ubicado en la carretera Palma Sola - Gurí, kilómetro 41, se plantearan las hipótesis y conclusiones que

permitirá la toma de decisiones en materia de explotación y factibilidad de cualquier proyecto de rocas ornamental o piedra picada que se pretende desarrolla en la zona a evaluar.

1.5 Limitaciones de la investigación

Falta de antecedentes de la zona de estudio, hay terrenos privados cerrados que limitan el acceso a una porción de la zona, el afloramiento se localiza vía Palma Solagurí, kilómetro 41, restricción que obliga imperiosamente a la contratación de un transporte privado para las salidas al campo y restringir el número de visita a esta área.

CAPÍTULO II GENERALIDADES

2.1 Ubicación geográfica del área de estudio

El afloramiento Gran Rey se localiza al sur-este del estado Bolívar en la carretera Palma Sola –Guri en el kilómetro 41, municipio Heres del estado Bolívar (Figura 2.1).

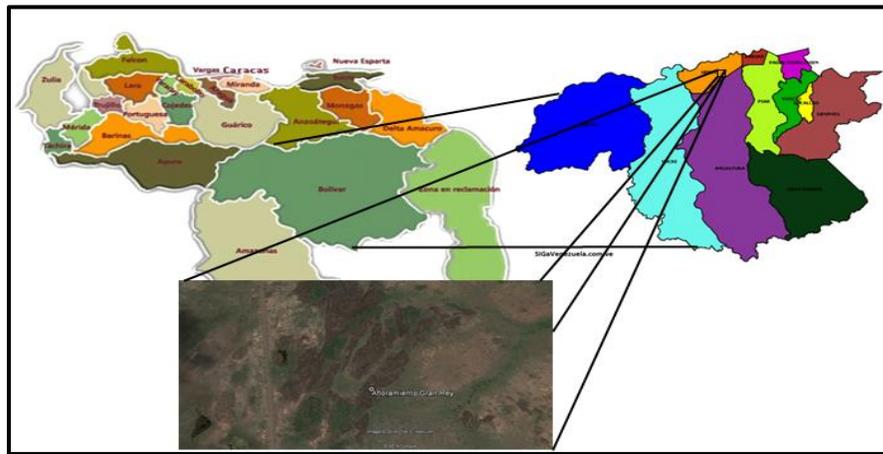


Figura 2.1 Ubicación del afloramiento Gran Rey.

Abarca una extensión de 5.460 m² de superficie que se delimita con las siguientes coordenadas UTM-REGVEN que se describen a continuación (Tabla 2.1).

Tabla 2.1 Coordenadas que delimitan el afloramiento Gran Rey.

Coordenadas UTM-REGVEN del Afloramiento Gran Rey		
Punto	Norte	Este
P1	881674	479223
P2	881612	479188
P3	881572	479218
P4	881633	479297

2.2 Acceso al área de estudio

La accesibilidad al área se logra a través de la carretera Palma Sola –Gurí a 35 minutos de Ciudad Bolívar al kilómetro 41, vía totalmente asfaltada, el afloramiento se localiza margen izquierdo de esta vía (Figura 2.2).



Figura 2.2 Acceso al área afloramiento Gran Rey.

2.3 Características físico-naturales del área de estudio

2.3.1 Clima

El clima del estado Bolívar es tropical lluvioso. Las temperaturas medias anuales son de 28°C en mayor parte del año. Las lluvias suelen empezar a partir de noviembre hasta abril y en enero las temperaturas medias son de 20°C a 19°C. El mes más caluroso suele ser en mayo con temperaturas hasta 36°C y en octubre una combinación tropical lluvioso con temperaturas mínimas de 22°C y máximas de 36°C (Arredondo, E y Romero, L. 2016).

2.3.2 Vegetación

La vegetación se puede clasificar de sabana en las zonas de suelos extremadamente ácidos o pedregosos, alternadas con selvas tropicales sub-húmedas, selvas de transición hacia el bosque tropical húmedo, bosques tropicales húmedos, bosques de galerías, selvas deciduas. La vegetación en el área es denominada (no boscosa) del tipo: sabana. Las sabanas de las tierras llanas como estas, están cubiertas de gramíneas, donde pueden aparecer plantas arbóreas en forma esporádica (Arredondo, E y Romero, L (2016) (Figura 2.3).



Figura 2.3 Vegetación del afloramiento Gran Rey

2.3.3 Suelo

El suelo que presenta el área de estudio está constituido por diferentes capas de los cuales, se dieron en procesos que dieron origen a este suelo en particular es producto de la meteorización química, física y procesos exogenético como es el caso de la lixiviación como también la composición químicas de estas rocas original forman parte de las facies que representa estos suelos. Las rocas antiguas que se encuentra en toda el área de estudio son afloramientos de gneis migmatíticos de

composición granítica y gabbro metamorfizado. El suelo está enriquecido de aluminio, sodio, hierro y otras sales minerales que han sido producto de la lixiviación y largos períodos de meteorización de las rocas que afloran, conformando así suelos lateríticos y caolínícos típicos de las zonas tropicales lluviosas de sabanas. Según la clasificación internacional de los suelos taxonómicamente es un suelo ultisoles ya que todas las características son las mismas para este orden en especial (Arredondo, E y Romero, L. 2016).

2.3.4 Drenaje

Los ríos que conforman el sistema de drenaje del territorio cubierto por la hoja de radar NC-20-14 son los ríos Candelaria, Carapo, Orocopiche, Tocoma, Caroní y una serie de quebradas que presentan un flujo de agua irregular como también las lagunas Merecure, La Tigra y La Ramona todo este sistema pertenece a la red hidrográfica del río Orinoco. Las aguas de todos estos ríos en su gran mayoría presentan agua clara pocas turbias y abundante vida, además ricas en sales y minerales como es el caso de aluminio, hierro, potasio y sodio estos son los más representativos (Arredondo, E y Romero, L. 2016).

2.4 Geología regional

La provincia geológica de Imataca se extiende en dirección SW-NE desde las proximidades del río Caura hasta el Delta del Orinoco y en dirección NW-SE aflora desde el curso del río Orinoco hasta la Falla de Gurí por unos 550 km y 80 km, respectivamente. No parecen existir razones para que Imataca no se extienda al norte del Orinoco, ni al oeste del río Caura, y por supuesto en tiempos de la Pangea a África Occidental. Algunas compañías petroleras que perforaron la Faja Petrolífera del Orinoco al comienzo de los años 1.980 encontraron rocas de alto grado metamórfico al norte del río Orinoco (Mendoza, V. 2000) (Figura 2.4).

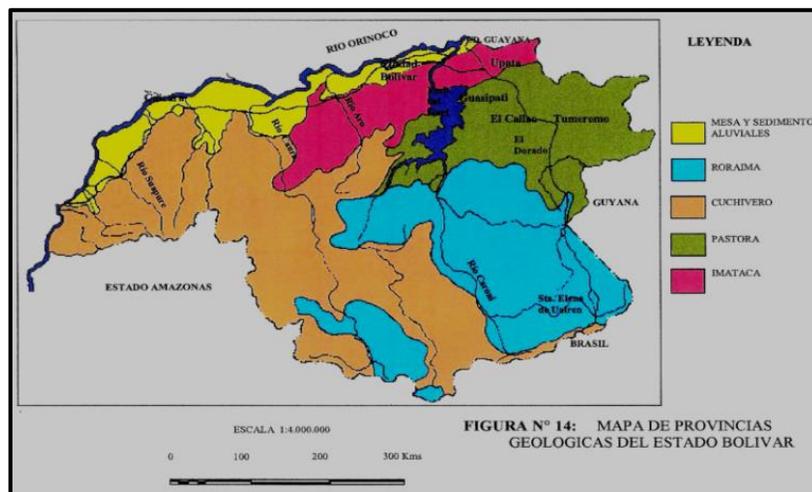


Figura 2.4 Mapa de Provincias Geológicas del Estado Bolívar. (Mendoza, V 2000).

2.4.1 Edad y extensión geográfica

La edad del protolito de Imataca ha sido estimada mediante determinaciones radiométricas por los métodos Rb/Sr y U/Pb roca total, como correspondientes a 3.500-3.600 m.a., La Provincia de Imataca está situada en el extremo norte de la Guayana venezolana y se extiende en dirección noreste desde la cuenca hidrográfica del bajo Caura hasta el Delta del Orinoco y en dirección noreste sureste aflora desde el curso del río Orinoco hasta la Falla de Gurí por unos 550 kilómetros y 80 kilómetros respectivamente (Mendoza, V. 2000).

2.4.2 Litología de Imataca

El Complejo de Imataca consiste en orden de abundancia decreciente, de una secuencia, de granulitas plagioclásicas-cuarzo-piroxénicas, granulitas microclínicas - cuarzo plagioclásicas-piroxénicas, gneis cuarzo-feldespático-cordierítico-granatífero-biotítico-silimanítico-grafítico y formaciones de hierro, con las siguientes litologías

secundarias: cuarcita, caliza impura metamorfizada, roca rodonítica-granatífera, roca cuarzo-granatífero-grafítica y esquistos bronzítico-hornabléndico-biotítico. La secuencia está intrusionada por cuerpos graníticos básicos. El complejo se caracteriza por estructuras anticlinales bien desarrolladas y estructuras sinclinales mal definidas, con rumbo este-noreste (Mendoza, V. 2000).

Los conjuntos del Complejo de Imataca están intensamente metamorfizados, y pertenecen en general a las subfacies de granulita hornabléndico, de la facies granulítica (PDVSA-INTEVEP, 1997).

Las provincias con granulitas, anfibolitas y migmatitas se componen, como en el Complejo y Provincia de Imataca. De granulitas y gneises félsicos de hasta un 60%, granulitas máficas y ultramáficas hasta un 20%. Estas granulitas han sido interpretadas como (originadas por la colisión de microcontinentes) rocas supracorticales e intrusivas dragadas rápidamente a gran profundidad donde alcanzaron facies anfibolita/granulita (Mendoza, V. 2000).

2.4.3 Aspectos geomorfológicos

Los relieves positivos asociados a la presencia de cuerpos de rocosos, se caracterizan por presentar forma de domos alargados de baja pendiente (16%) y tope redondeado, se presentan orientados predominantemente en dirección sureste-noreste; con una elevación variable, comprendida entre los 160 y 210 metros sobre el nivel del mar; el relieve circundante a las áreas de afloramientos rocosos se caracteriza por planicies suavemente onduladas, de pendiente muy baja (3%), orientadas en dirección noreste (Espejo, A. 1974) (Figura 2.5).



Figura 2.5 Aspectos geomorfológicos de afloramiento Gran Rey.

2.4.4 Geología estructural

Estructuralmente, la Provincia Geológica de Imataca, representa un cuadro muy complicado: rocas intensamente plegadas y falladas seguramente por más de un evento de deformación. El patrón de plegamiento es bastante cerrado, intenso, imbricado e isoclinal, sugiriendo así junto con el grado metamórfico regional, su desarrollo en niveles profundos de la corteza (Mendoza, V. 2000).

Existen tres fallas de carácter regional: falla de Gurí, falla El Pao y falla de Santa Bárbara, las cuales son muy similares en sus características y naturaleza. Estas fallas se extienden por varios centenares de kilómetros con rumbo general de N 700 E y desarrollan zonas monolíticas que varían desde los 400m hasta los 5Km. de ancho. Genéticamente asociados a estas fallas regionales existen pliegues de arrastres de diversa magnitud, cizallamiento paralelo secundario, diaclasas y fracturas relacionadas (Mendoza, V. 2000).

La falla El Pao, se proyecta desde el delta del Orinoco hasta el río Claro del lado izquierdo de Tocoma. La extensión de esta falla es de 200 Km., con un ancho de unos siete kilómetros. La falla de El Pao es sub-paralela a la falla de Gurí y tiene su mejor desarrollo entre la población de El Pao. (Mendoza, V. 2000).

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes de la investigación

Según Hurley y otros. (1977), destaca que el Complejo de Imataca incluye rocas metasedimentarias, charnokitas y granulitas con formaciones de hierro que quizás son más viejas que 3.000 m.a., probablemente tan antiguas como 3.400 m.a., sobre lo que se aprecia metamorfismo sub – seciente, tan joven como 1.200 m.a., además índice 2.700 m.a., para la monzonita cuarcífera del cerro la Ceiba y las rocas granitoide asociadas.

En la publicación Espejo, A. (1974) considera que el contacto superior del Complejo es de falla con gnéis trondhjemítico en la región del Manteco – Guri.

En el Complejo de Imataca en los alrededores Complejo Cerro Bolívar, considera que el Complejo de Imataca al Sur del río Orinoco, en la zona comprendida entre los ríos Aro y Caroní está formado por siete conjuntos, por lo menos, de rocas cuarzo feldespáticas, dentro de las cuales se intercalan secuencias de formaciones de hierro, anfibolitas y gneises granodioríticos blancos. El autor divide estos conjuntos en siete fajas separadas o corrimientos de ángulo bajo. Estas siete Fajas son: Faja de la Encrucijada, Faja de Ciudad Bolívar, Faja de Santa Rosa, Faja la Naranjita, Faja de Cerro La Ceiba, Faja de La Laja Negra y la Faja de Cerro Bolívar (Ascanio, T. 1975).

3.2 Bases teóricas

3.2.1 Granitos

El granito es una roca félsica, en cuya composición se encuentran el cuarzo y el feldespato potásico, luego le sigue el feldespato calcosódico (plagioclasa) y por último los minerales accesorios como anfíboles o micas. El feldespato potásico de la

variedad ortosa es el mineral más importante, y las plagioclasas alcalinas pueden estar presentes en proporciones moderadas. El cuarzo que puede constituir quizá la cuarta parte de la roca, alcanza su proporción de máxima abundancia en el granito. La biotita y a hornblenda son minerales accesorios comunes (Heinrich, E. 1972) (Figura 3.1).



Figura 3.1 Roca granítica félsica (Martínez, A. 2017).

3.2.2 Estudio de rocas ornamentales

Según Paulo, Á. (2000), para llevar a cabo el estudio de rocas con fines ornamentales, se deben realizar una serie de evaluaciones que son realizadas en una primera fase exploratoria de campo y luego en laboratorios con el equipo especializado, para poder determinar si la roca es buen prospecto a explotar, desde todos los puntos de vista, desde el geológico hasta el comercial (Figura 3.2).



Figura 3.2 Bloque de granito para estudio de roca ornamental (Martínez, A. 2017).

3.2.3 Propiedades específicas de los afloramientos

Las propiedades que han de estudiarse en los afloramientos de roca granítica son: morfología, facturación, composición, color, homogeneidad, textura, cambios de facies, presencia de enclaves y gabarros, otras discontinuidades y oxidaciones y otras alteraciones. Composición, color, tamaño de grano y textura: son propiedades intrínsecas de la roca que condicionarán, en gran medida, su carácter ornamental y por tanto serán factores fundamentales (Llopis, G. 1992).

Cambios de facies, variaciones de color, presencia de enclaves y discontinuidades en general: estas propiedades definen la homogeneidad del afloramiento y tienen una importancia directa en la canterabilidad del mismo (Llopis, G. 1992).

3.2.4 Fracturamiento

Ha de reflejar, fundamentalmente, la densidad del diaclasado de los afloramientos, siendo el condicionamiento principal en el tamaño de bloque a extraer. Así un diaclasado denso no permite extraer boques comerciales; un diaclasado medio solamente lo permite en zonas muy concretas y un diaclasado bajo favorece la extracción de bloques de tamaño comercial (Llopis, G. 1992) (Figura 3.3).



Figura 3.3 Fracturamiento de roca debido a los cambios de variables físicas de la atmosfera (arquitecturadigital 2017).

3.2.5 Alteraciones

Se limita a la meteorización observada in situ y al alcance y penetración de la misma, cuando es posible de determinar. Una meteorización baja corresponde a una costra alterada menor o igual a 2cm; una meteorización media equivale a una costra entre 2 y 20cm, y un alta corresponde a valores superiores a 20cm (Llopis, G. 1992) (Figura 3.4).



Figura 3.4 Meteorización de la roca debido a los cambios químicos de los minerales presentes en la misma (UCLM, 2017).

3.2.6 Factores condicionantes de la explotabilidad

Los factores que son condicionantes para la explotabilidad de afloramientos graníticos son: fracturamiento, tamaño del afloramiento, recubrimientos, topografía y accesos, impacto ambiental, existencia de canteras e infraestructura industrial de la zona. Cada uno de los factores tenidos en cuenta en campo, influyen de forma directa en la canterabilidad de un determinado afloramiento de granito (Paulo, Á. 2000).

3.2.7 Oxidaciones

Son uno de los factores más determinantes en el posible aprovechamiento de la cantera. Se ha procurado detectar su presencia y precisar su distribución, dado que, por

su importancia, pueden hacer que una zona sea descartada definitivamente aunque los demás criterios dieran buenos valores para llevar a cabo la explotación (Llopis, G. 1992) (Figura 3.5).



Figura 3.5 Oxidación de una roca rica en hierro, como consecuencia de la meteorización química, generalmente sobre rocas ígneas básicas o ultrabásicas (Emaze, 2017).

3.2.8 Topografía

Este parámetro influye en la accesibilidad a las zonas de interés y puede tener importancia cuando existen accesos previos a la misma (Paulo, A. 2000) (Figura 3.6).

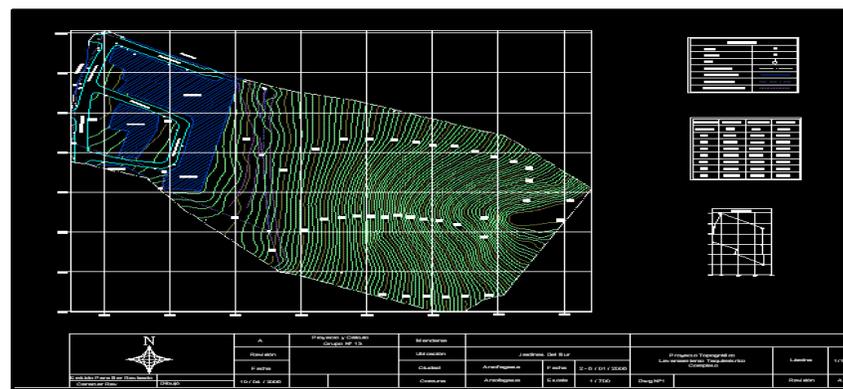


Figura 3.6 Mapa topográfico computarizado donde se elaboran las curvas de nivel, área y volumen del levantamiento a través de software especializado (Bibliotecad, 2017).

3.2.9 Tamaño del afloramiento

Hace referencia a la extensión del yacimiento, que indicará el volumen de reservas mínimas conocidas, y tendrá en cuenta los recubrimientos y cambios litológicos (Paulo, Á. 2000).

3.2.10 Recubrimientos

Este factor hace referencia a la distribución, tipo y espesor de los mismos, como por ejemplo, la vegetación (Paulo, Á. 2000).

3.2.11 Impacto ambiental

Se refiere a la contaminación por polvo o ruidos que pueda producir una posible explotación, así como el impacto visual, ocasionado por el frente de cantera o escombreras (Paulo, Á. 2000).

3.2.12 Existencia de canteras

Señala un potencial de explotación ya conocido que ha movido a la iniciativa privada a desarrollar una actividad extractiva en ese punto. Se hace distinción a tres tipos de canteras en función del destino del material extraído (Paulo, Á. 2000).

3.2.13 Canteras de uso ornamental

Se refieren a las que extraen bloques para cortar en talleres de elaboración en placas de 2 – 3cm. Canteras en las que se extraen bloques pequeños: los cuales se utilizan para hacer bordillos, sillares, adoquines, etc. Canteras de áridos: son aquellas en las que se tritura el granito (Paulo, Á. 2000).

3.2.14 Geoquímica

Estudios el origen, evolución y distribución de los elementos químicos en la Tierra que están contenidos en los minerales que forman rocas y los productos derivados de ella, así como en los seres vivos, el agua y la atmósfera. Uno de los objetivos de la geoquímica es determinar la abundancia de elementos en la naturaleza, ya que esta información es esencial para el desarrollo de hipótesis sobre el origen y la estructura de nuestro planeta y el universo (Fuentes, D. y Chollett. 1979).

3.2.15 Diaclasas

Son fracturas a lo largo de las cuales no se ha producido desplazamiento apreciable. Aunque algunas diaclasas tienen una orientación aleatoria, la mayoría se produce en grupos aproximadamente paralelos (Tarbuck, E. y Lutgens, F. 2010) (Figura 3.7)



Figura 3.7 Diaclasa en macizo rocoso por inestabilidad de los minerales que la conforman (Cmap.unavarra, 2017).

3.2.16 Mapa geológico

Un mapa geológico es un documento de referencia a la vez científico y pedagógico donde se muestra sobre un mapa la distribución de las rocas y materiales superficiales no consolidados, y las estructuras que los afectan. En la representación

de estos rasgos se utilizan colores y tramas para indicar la edad y la composición de los materiales, y se adicionan símbolos para mostrar la distribución espacial de las estructuras (fallas y pliegues). Además del conocimiento del terreno en un punto preciso, el mapa geológico permite deducir la distribución de los materiales profundos a partir de la información superficial. En otras palabras, el mapa geológico es una representación de la geología de un área y ésta tiene un profundo efecto sobre muchos aspectos, desde la forma como evoluciona el paisaje hasta el tipo de vegetación que mejor crece allí, desde la disponibilidad de aguas subterráneas en pozos hasta la presencia de minerales útiles o deseables, desde la cantidad de movimiento sufrido durante un terremoto hasta la probabilidad de ocurrencia de deslizamientos (Servicio geológico colombiano, 2015).

3.2.17 Rocas metamórficas

Son aquellas formadas por transformaciones texturales, mineralógicas y en algunos casos químicos, de otras rocas preexistentes en un ambiente geológico dentro de la litósfera y, con excepción de las condiciones reinantes en la superficie de la misma. Las rocas metamórficas han sufrido intensas modificaciones en el estado sólido como consecuencia de intensos cambios de temperatura, presión y ambiente químico (todas producidas por las mismas fuerzas que pliegan, fallan, inyectan magma y elevan y deprimen las masas de rocas). Tales fuerzas producen modificaciones de las rocas, a través del proceso conocido como metamorfismo. (Turner, F. 1963) (Figura 3.8).



Figura 3.8 Roca metamórfica con textura genésica (UCM, 2017).

3.2.18 Metamorfismo

El metamorfismo de las rocas consiste en cambios físicos y químicos de las mismas en ambientes de alta temperatura, alta presión de confinamiento o intensa acción de cizallamiento o alguna combinación de dos o tres de estos factores, pero sin fusión. Generalmente el metamorfismo de las rocas se produce bajo presiones de confinamiento de por lo menos 2 kilobares de presión. El metamorfismo puede dar lugar a la formación de nuevos minerales, texturas nuevas o nuevas estructuras. También el metamorfismo puede con llevar a metasomatismo, es decir, la importación o exportación de sustancias minerales (Turner, F. 1963) (Figura 3.9).

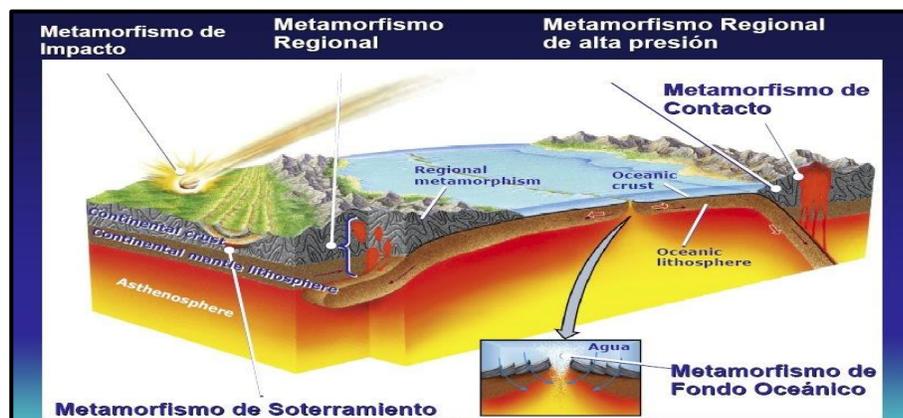


Figura 3.9 Tipo de metamorfismo (Ampliabiogeo, 2017).

3.2.19 Condiciones que controlan el metamorfismo

Cuando el metamorfismo ha avanzado hasta su meta final (es decir, cuando se ha alcanzado de equilibrio químico), la naturaleza de la asociación mineral resultante depende de dos factores: la composición química de las rocas metamórficas, la temperatura y presión entonces dominante. Los cambios en la temperatura son más efectivos que los de la presión para que se efectúen las conversiones mineralógicas en muchas rocas (Turner, F. 1963).

Al considerar la influencia de la presión debe distinguirse entre presión confinante (presión hidrostática), que opera por igual en todas direcciones y que está determinada principalmente por la profundidad y la presión dirigida (esfuerzo cortante) que opera en una dirección en particular (Turner, F. 1963).

Según Turner, para que el metamorfismo sea efectivo, especialmente a bajas temperaturas, es necesario una influencia catalizadora capaz de acelerar las reacciones químicas son frecuentes los siguientes catalizadores:

- A. Fluidos químicamente activos, generalmente acuosos, que pasan como oleadas a través de los pequeños espacios intergranulares de la roca.
- B. La deformación de las rocas rompe a los granos en otros más pequeños que son partículas activas, puesto que los contactos entre la superficie reaccionante son continuamente renovadas.

3.2.20 Tipos de metamorfismo

Tres son las formas en que se encuentran las rocas metamórficas, por lo que tres son los tipos de metamorfismo de acuerdo con los criterios de campo (Turner, F. 1963).

3.2.20.1 Metamorfismo de contacto

Desarrollado en zonas (aureolas) adyacentes a cuerpos plutónicos, especialmente de composición ácida. La temperatura de metamorfismo en este caso ha sido determinada principalmente por la proximidad del cuerpo intrusivo del magma, el cual también suministró los fluidos acuosos activos necesarios para la estimulación de la reacción química (Turner, F. 1963).

Las aureolas de contacto raramente exceden unos cien metros de amplitud, que es una medida normal para los contactos ígneos. Generalmente las aureolas están zonadas, puesto que el efecto metamórfico disminuye desde el contacto hacia afuera (Turner, F. 1963).

3.2.20.2 Metamorfismo por dislocación

Se desarrolla en zonas angostas de intensa deformación y dislocación como las que se encuentran a lo largo de una falla por empuje (cinemática) (Turner, F. 1963).

3.2.20.3 Metamorfismo regional

Se desarrolla cubriendo áreas de muchos miles de kilómetros cuadrados en las regiones de las raíces de las montañas plegadas y en los terrenos Precámbricos. En cualquier región de gran superficie es posible cartografiar superficies de metamorfismo regional progresivo, de acuerdo con una secuencia de cambios mineralógicos probablemente controlados por un aumento continuo de la temperatura en rocas de composición química seleccionada (Turner, F. 1963).

La opinión regional dista mucho de ser unánime cuando considera la naturaleza y causas del metamorfismo regional o cuando estima sus relaciones con las deformaciones a gran escala y el emplazamiento de cuerpos de rocas graníticas. Parece probablemente que en las profundidades situadas debajo de las rocas corticales de las zonas orogénicas, ha habido concentraciones periódicas de calor las que han sido capaces de suministrar la energía necesaria para causar el plegamiento (orogenia), metamorfismo regional y la elevación del magma granítico (Turner, F. 1963).

Puesto que el metamorfismo regional comúnmente está asociado con movimientos plegantes y las rocas metamorfoseadas muestran generalmente pruebas

texturales de intensa deformación, se puede concluir, que la misma deformación de las rocas juega un papel importante en el metamorfismo regional. Probablemente es un factor esencial que acelera las reacciones hasta el punto al cual se efectúa el metamorfismo en las zonas más someras del metamorfismo de baja temperatura, sobre los flancos de la faja metamórfica (Turner, F. 1963).

En el metamorfismo regional, al igual que en el de contacto, los fluidos acuosos no solo aceleran la conducción de calor, sino que también la ayudan a estimular la reconstitución química de las rocas que atraviesan (Turner, F. 1963).

3.2.21 Minerales metamórficos más comunes

La recristalización a altas temperaturas produce un grupo característico de minerales metamórficos. Por otra parte algunos de los mismos minerales encontrados en las rocas ígneas, tales como el cuarzo, la mica biotita, piroxenos, anfíboles y feldespatos, persisten o reaparecen durante la recristalización. La Sillimanita y Andalucita, tienen la misma composición, ambos son aluminosilicatos de fórmula Al_2SiO_5 pero cada uno tiene una estructura reticular espacial diferente. Se forman por recristalización de rocas que tienen abundantes componentes félsicos, como el cuarzo y los feldespatos; además cada uno se forma bajo una combinación diferente de presión y temperatura (Turner, F. 1963) (Figura 3.10).

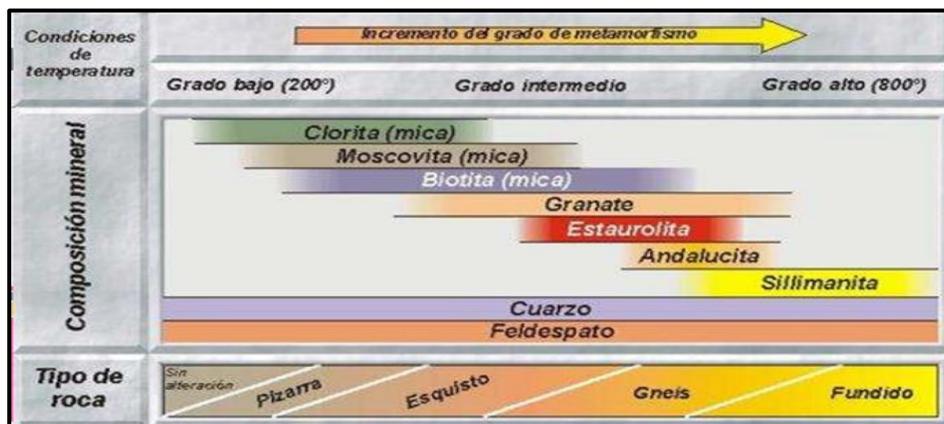


Figura 3.10 Minerales metamórficos más comunes (slideshare.net, 2017).

3.2.21.1 El Almandino

Es uno de los minerales del grupo del granate, aluminosilicatos de magnesio, hierro, calcio o manganeso que cristalizan según el sistema isométrico. El almandino, granate félsico, es un mineral rojo conocido como piedra semipreciosa (Turner, F. 1963) (Figura 3.11).



Figura 3.11 Mineral Almandino (lexicoon, 2017).

3.2.21.2 La Estauroлита

Un aluminosilicato de hierro hidratado, se forma en condiciones de presión y temperatura intermedias. Es un mineral de particularidades muy interesantes por su hábito de cristalización en cristales maclados que se atraviesan uno a otro perpendicularmente u forman una cruz natural (Turner, F. 1963) (Figura 3.12).



Figura 3.12 Mineral Estauroлита (Wikipedia, 2017).

3.2.21.3 La Clorita

Es un blando silicato de hierro y magnesio hidratado de color verde y en cierto modo se parece a las micas, con una estructura laminar que forman finas hojuelas de exfoliación. La clorita va asociada a condiciones metamórficas de temperaturas relativamente bajas y es uno de los minerales metamórficos que primero se forman (Turner, F. 1963) (Figura 3.13).



Figura 3.13 Mineral Clorita (geoaprendeo, 2017).

3.2.21.4 La Epidota

Un aluminosilicato de calcio y hierro hidratado, es un mineral verde pistacho que se presenta característicamente en prismas alargados. Está asociado con el metamorfismo de rocas ricas en minerales máficos, como los piroxenos y anfíboles, y se forma en la gama intermedia de temperatura (Turner, F. 1963).

3.2.21.5 El Talco

Es un mineral muy blando, escamoso, un silicato de magnesio hidratado, y se clasifica como mineral arcilloso. El talco se presenta en rocas metamórficas derivadas de minerales máficos tales como olivino, piroxenos y anfíboles. En grandes masas

rocosas, al talco se le llama esteatita. Pulverizado, tiene muchas aplicaciones industriales (Turner, F. 1963).

El grupo de la serpentina la forman dos minerales que son silicatos de magnesio hidratados; la antigorita y crisotilo. Estos minerales derivan de minerales máficos, en particular de olivino, piroxenos y anfíboles. El crisotilo es bien conocido como asbesto, formado de diminutos cristales flexibles parecidos a fibras textiles, ampliamente usado en productos industriales resistentes al fuego y como aislante (Turner, F. 1963).

3.2.22 Intemperismo

Se define como los cambios que tienen lugar en los minerales y rocas en o cerca de la superficie de la tierra por efectos de la atmósfera, del agua, de las plantas y de la vida animal. Existen dos tipos de intemperismo: el mecánico y el químico (Enciclopedia Encarta, 2006 a).

3.2.22.1 Intemperismo mecánico

Proceso mediante el cual una roca se rompe en fragmentos cada vez más pequeños, como resultado de la energía desarrollada por fuerzas físicas. Se le conoce también como desintegración (Enciclopedia Encarta, 2006 a).

- A. Por pérdida y ganancia de calor: los cambios de temperatura si son suficientemente rápidos y elevados, pueden provocar el intemperismo mecánico de la roca. En las áreas donde la roca desnuda está expuesta en la superficie y carece de protección de un manto de suelo los incendios del bosque o de la maleza pueden generar calor suficiente para romperla. El calentamiento rápido y violento de la zona exterior de la roca provoca su

expansión, y si ésta es bastante grande, se desprenden hojuelas o fragmentos más grandes de la roca.

- B. Por acción de las heladas: es mucho más efectiva que la anterior para producir intemperismo mecánico. Cuando el agua escurre por las fracturas, grieta y poros de una roca o masa rocosa y se congela, su volumen aumenta aproximadamente un nueve por ciento. Esta expansión del agua, a medida que pasa del estado líquido al sólido desarrolla presiones dirigidas hacia afuera desde las paredes interiores de la roca. Tales presiones son lo suficientemente grandes como para desprender fragmentos de la superficie de la roca. Los fragmentos de la roca intemperizada mecánicamente, desalojados tienen forma angular, y su tamaño depende en gran parte de la naturaleza de que preceden.
- C. Exfoliación: es un proceso de intemperismo mecánico, en su virtud, y por la acción de fuerzas físicas internas, se separan de una roca grande placas curvas a manera de costras. Este proceso origina dos rasgos bastantes comunes en el paisaje: unas colinas grandes abovedadas, llamadas domos de exfoliación, y peñascos redondeados llamados comúnmente peñascos o cantos, intemperizados esferoidalmente. Es posible que las fuerzas que producen estas dos formas se originen de forma o maneras diferentes. Cuando ciertos minerales se intemperizan químicamente, los productos resultantes ocupan un volumen mayor que el de material primitivo. Ciertos tipos de rocas son más vulnerables al intemperismo esferoidal que otros. Las rocas ígneas como el granito, la diorita y el gabro, son particularmente susceptibles porque contienen grandes cantidades de feldespato, el cual, cuando se intemperiza químicamente, produce nuevos minerales de gran volumen.
- D. Acción de las plantas: las plantas desempeñan también un papel en el intemperismo mecánico. Las raíces de los árboles y arbustos que crecen en las grietas de las rocas ejercen, a veces, presión suficiente para desalojar fragmentos de roca que han quedado sueltos previamente.

Sin embargo, es más importante el mezclado mecánico del suelo, producido por las hormigas, gusanos y roedores. Esta clase de actividad constante hace a las partículas más susceptibles al intemperismo químico y aun puede ayudar en la ruptura mecánica de aquellas (Enciclopedia Encarta, 2006 a).

3.2.22.2 Intemperismo químico

Es un proceso más complejo ya que el intemperismo químico, transforma el material original en diferentes combinaciones químicas. Así el intemperismo químico del feldespato produce arcillas que tienen una composición diferente y características físicas distintas de los feldespatos originales. La descomposición de la roca causada por procesos de intemperismo químico resulta evidente casi en cualquier lugar de la superficie de la tierra. Las reacciones químicas más importantes implican agua, oxígeno y dióxido de carbono. Estas sustancias son mucho más abundantes cerca de la superficie terrestre que a mayores profundidades de la corteza en donde se forma la roca (Enciclopedia Encarta, 2006 a).

3.2.23 Levantamiento topográfico

Los levantamientos topográficos son tridimensionales y utilizan técnicas de levantamiento geodésico plano y otras especiales para establecer un control tanto vertical como horizontal. La configuración del terreno y de los elementos artificiales o naturales que hay en él se localiza a través de medidas que se representan en una hoja plana para configurar un mapa topográfico. Las curvas de nivel, que unen puntos de igual altitud, se utilizan para representar las altitudes en cualquiera de los diferentes intervalos medidos en metros (Enciclopedia Encarta, 2006 b) (Figura 3.14).

Muchos mapas topográficos se realizan gracias a la fotogrametría aérea; utilizan pares estereoscópicos de fotografías tomadas en levantamientos y, más recientemente, desde satélites artificiales como los spot (Enciclopedia Encarta, 2006 b).

Las mediciones de ingeniería establecen puntos de control mediante poligonales, líneas de base u otros métodos con el fin de obtener la información necesaria para los diseños de obras de ingeniería (levantamientos) y para posicionar los elementos constructivos, basándose en los planos del proyecto que utilizan esos puntos de control (replanteos). Los levantamientos topográficos y los mapas a los que dan lugar proporcionan información sobre la localización horizontal y sobre las altitudes, necesarios para diseñar estructuras como edificios, embalses, canales, carreteras, puentes, tendidos eléctricos o colectores. Para levantar los planos de estas obras se parte de los mismos puntos de control utilizados en los levantamientos topográficos originales (Enciclopedia Encarta, 2006 b) (Figura 3.14).

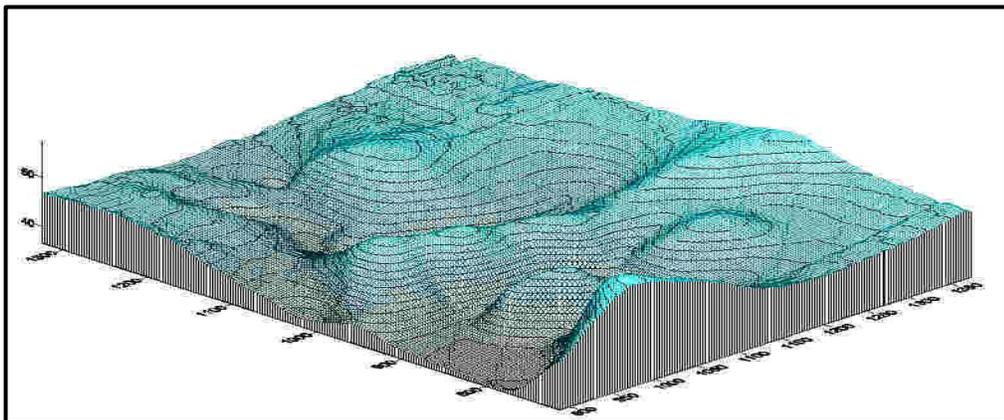


Figura 3.14 Topografía tridimensional (3D), elaborado mediante programa computarizado de una porción del terreno donde se observa la depresión y elevación (Topografiadatos, 2017).

3.2.24 Curvas de nivel

Líneas que, en un mapa, unen puntos de la misma altitud, por encima o por debajo de una superficie de referencia, que generalmente coincide con la línea del nivel del mar, y tiene el fin de mostrar el relieve de un terreno. Las curvas de nivel

son uno de los variados métodos que se utilizan para reflejar la forma tridimensional de la superficie terrestre en un mapa bidimensional. En los modernos mapas topográficos es muy frecuente su utilización, ya que proporcionan información cuantitativa sobre el relieve (Enciclopedia Encarta, 2006 b) (Figura 3.15).

El espaciado de las curvas de nivel depende del intervalo de curvas de nivel seleccionado y de la pendiente del terreno: cuanto más empinada sea la pendiente, más próximas entre sí aparecerán las curvas de nivel en cualquier intervalo de curvas o escala del mapa. De este modo, los mapas con curvas de nivel proporcionan una impresión gráfica de la forma, inclinación y altitud del terreno (Enciclopedia Encarta, 2006 b).

Las curvas de nivel pueden construirse interpolando una serie de puntos de latitud conocida o a partir de la medición en el terreno, utilizando la técnica de la nivelación. Sin embargo, los mapas de curvas de nivel más modernos se realizan utilizando la fotogrametría aérea, la ciencia con la que se pueden obtener mediciones a partir de pares estereoscópicos de fotografía aéreas (Enciclopedia Encarta, 2006 b).

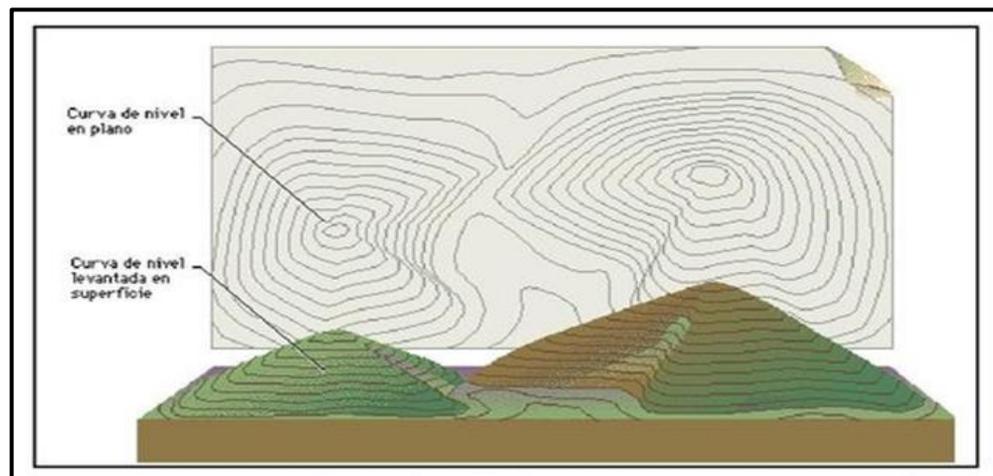


Figura 3.15 Representación digital de un terreno con curvas de nivel (Enciclopedia Encarta, 2006 b).

3.2.25 Perfil topográfico

Mediante el dibujo de un gráfico, con las distancias en el eje de las x y las alturas en el eje de las y, se puede trazar el perfil de una sección transversal del terreno que muestre su elevación. Si se exagera la escala de las altitudes, se podrá observar con claridad las formas de las montañas y de los valles (Enciclopedia Encarta, 2006 b) (Figura 3.16).

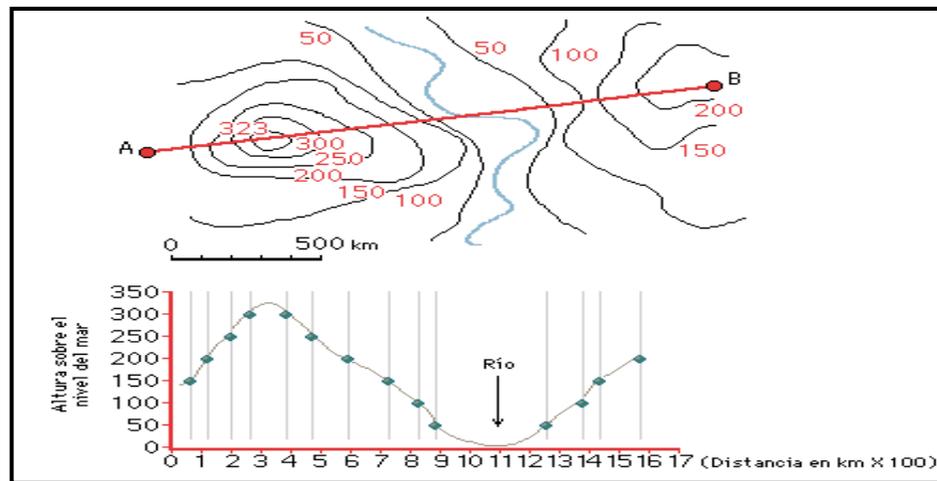


Figura 3.16 Representación digital de perfil utilizando curvas de nivel donde se observa la geomorfología del terreno (Enciclopedia Encarta, 2006 b).

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1 Tipo de investigación

Según Dankhe, G. (1989) una investigación descriptiva: “Consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno o grupo con fin de establecer su estructura o comportamiento. El investigador describe situaciones y eventos. Los estudios buscan especificar en la investigación las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis”. De acuerdo a la naturaleza y característica del problema de objeto de estudio, este trabajo se enmarca dentro de la investigación descriptiva por cuanto a través de esta se desarrolla una característica geológica de roca granítica denominada Gran Rey ubicado en la carretera Palma Sola - Gurí, ubicado en el kilómetro 41.

4.2 Diseño de la investigación

En el manual de la UPEL (2006), se define a la investigación de campo: Para cumplir con los objetivos del trabajo se seguirá estas etapas:

El análisis sistemático de problemas en la realidad con el propósito bien de describirlo, interpretarlo, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas y efectos predecir su ocurrencia, haciendo uso de métodos característico de cualquiera de los paradigmas o enfoques de investigación conocido o en desarrollo.

Los datos de interés son recogidos en forma directa de la realidad; en este sentido se trata de investigación a partir de datos originales o primarios.

Este trabajo investigativo es de campo debido a que los datos de interés para llevar a cabo el desarrollo de este proyecto se apoya en información obtenida y análisis de muestras tomadas del afloramiento denominado Gran Rey.

La elaboración de este proyecto se basó en una metodología sistemática de investigación, en donde, para la caracterización, se diseñó un plan de trabajo, el cual consistió en cuatro fases: I) Etapa de oficina, II) Trabajo de campo, III) Análisis de laboratorio y segunda etapa de oficina, y por último, IV) Procesamiento de información.

4.3 Población de la investigación

Para Balestrini, M. (2006), se entiende por población “cualquier conjunto de elementos de los que se quiere conocer o investigar alguna de sus características”. En este caso objeto de estudio, la población está constituida por rocas graníticas ubicadas al margen izquierdo de la vía Palma Sola-Guri kilómetro 41 que abarca unos 5.460 m² ubicada en el sector Palma Sola.

4.4 Muestra de la investigación

Según Hernández y otros (1995), corresponde al “tipo de muestras cuya selección no depende de que todos tengan la misma probabilidad de ser elegido, sino de la decisión de un investigador o grupo de investigadores”; De la población señalada se tomaron unas muestras representativas de roca granítica constituida no probabilística, de un total de (03) muestras para realizar estudio geológico del afloramiento.

4.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En tal virtud, Hurtado, J. (2009) expresa que las técnicas tienen que ver con los procedimientos utilizados para la recolección de datos, es decir, el cómo estas pueden ser de revisión documental, observación, entre otras.

4.5.1 Técnicas a utilizar para la recolección de los datos

La recolección de datos se realizara mediante diversas técnicas tales como:

4.5.1.1 Observación directa

Percibir activamente la realidad exterior con el propósito de obtener los datos que, previamente, han sido definidos como de interés para la investigación”. (Sabino, C. 1992).

La caracterización de forma geológica y geoquímica del afloramiento rocoso denominado Gran Rey ubicado al noreste de la carretera Palma Sola - Gurí, kilómetro 41, requerirá de éste tipo de técnica, para la verificación de potencialidades minero y geológico de los granitos expuestos en esta zona para su explotación.

4.5.1.2 Entrevistas informales

“La entrevista informal se reduce a una simple conversación sobre el tema de estudio, donde lo importante es hacer hablar al entrevistado de modo de obtener un panorama de los problemas más salientes, de los mecanismos lógicos y mentales del respondiente, de los puntos básicos para él” (Sabino, C. 1992).

“Es de gran utilidad en estudios exploratorios y recomendable cuando se trata abordar realidades poco conocidas por el investigador” (Sabino, C. 1992).

Ésta técnica es vital en la obtención de información de importancia para el reconocimiento de rocas graníticas denominada Gran Rey ubicado en la carretera Palma Sola - Gurí, ubicado en el kilómetro 41.

4.6 Instrumentos a utilizar para la recolección de los datos

Los instrumentos a utilizar son: GPS, brújula, cinta métrica, libreta de campo, cámara fotográfica, machete, palas, pico y bolsas para las muestras.

4.7 Diagrama de flujo de la metodología de trabajo

Para llevar a cabo caracterización geológica y geoquímica del afloramiento rocoso denominado Gran Rey ubicado noreste de la carretera Palma Sola - Gurí, kilómetro 41, coordenadas UTM-REGVEN 20P N 881624 E 479236 municipio Heres del estado Bolívar, se trazaron algunas fases de trabajo representadas en la Figura 4.1.

Donde estas fases están representadas por: revisión bibliográfica, etapa de campo, etapa de oficina y redacción del informe final, cada una de estas etapas se desglosa en sub-etapas, las cuales, se aplicaron para realizar este trabajo de investigación donde cada una se cumplió en su totalidad.

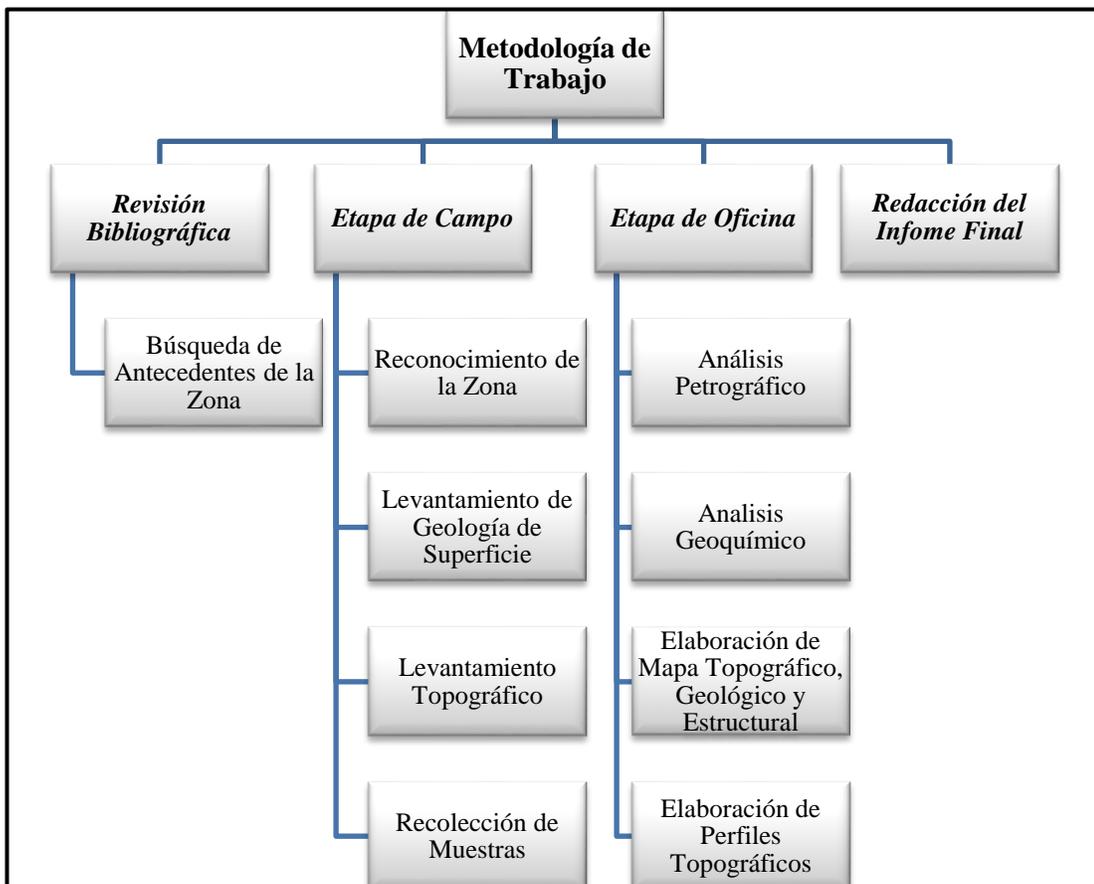


Figura 4.1 Diagrama de flujo de la metodología de trabajo.

4.7.1 Revisión bibliográfica

4.7.1.1 Búsqueda de antecedentes de la zona

El primer procedimiento llevado a cabo para recabar la información necesaria. Consistió en una revisión bibliográfica de trabajos realizados sobre el Complejo de Imataca, también se revisaron informes de avances, publicaciones sobre la región, además se contó con información disponible en páginas de internet.

Se definió la técnica y se elaboró un listado de los instrumentos a emplear en el trabajo de campo.

Esta primera etapa del trabajo es muy importante porque permitió afianzar los conocimientos referentes a la geología del área de estudio.

4.7.2 Etapa de campo

4.7.2.1 Reconocimiento de la zona

Se realizó un reconocimiento al macizo rocoso que se localiza en el margen izquierdo de la vía Palma Sola - Guri, ubicado en el kilómetro 41, municipio Heres del estado Bolívar, donde se evalúa de forma geológica este afloramiento para sus levantamientos topográficos, geológicos y recolección de muestra para su posterior estudio en el laboratorio (Figura 4.2).



Figura 4.2 Reconocimiento del macizo rocoso denominado Gran Rey.

4.7.2.2 Levantamiento de geología de superficie

Durante la etapa de campo se efectuó el levantamiento geológico de superficie, se procedió a realizar mediciones de las estructuras geológicas del afloramiento tales como: vetilla de cuarzo y diaclasas a través de uso de brújula donde se obtiene el rumbo, buzamiento e identificar la litología presente en el afloramiento como también el tipo de textura en la roca.

4.7.2.3 Levantamiento topográfico

Se realiza el levantamiento topográfico del afloramiento Gran Rey a través del uso de Geoposicionamiento Satelital (GPS) mediante la lectura de las coordenadas Norte, Este y cota, se delimitó el afloramiento y se tomaron todos los puntos necesarios para obtener sus curvas de nivel, imagen 3D y calcular el área y volumen de roca del afloramiento en estudio (Figura 4.3).



Figura 4.3 Levantamiento topográfico del afloramiento Gran Rey.

4.7.2.4 Recolección de muestras

Durante el levantamiento geológico se tomaron muestras de rocas representativas de las diferentes unidades litodémicas donde se obtuvieron rocas frescas, se puede apreciar la mineralogía presente y realizar una descripción macroscópica preliminar. La extracción de las mismas se realizó con una mandarina de 10 kilos, percutiendo las paredes del afloramiento y obteniendo bloques correspondientes a tres (03) muestras de entre dos (02) a tres (03) kilogramos de roca respectivamente. En cada una de las muestras se geoposicionó las coordenadas donde fueron extraídas (Figura 4.4).



Figura 4.4 Toma de muestras representativa del afloramiento Gran Rey para sus posteriores estudios.

4.7.3 Etapa de oficina

4.7.3.1 Análisis petrográfico

El análisis en el laboratorio consistió en conocer con precisión la composición mineralógica, porcentaje de abundancia de los minerales presentes, textura y finalmente clasificar y darle un nombre a la roca.

4.7.3.2 Sección delgada

Las secciones delgadas tienen ordinariamente 0,03 mm de espesor, el portaobjetos 1,5 mm de espesor y el cubreobjetos 0,17 mm de espesor; y las dimensiones están dadas por 75 x 25 mm para los portaobjetos y 35 x 22 mm para los cubreobjetos.

Cabe destacar que las secciones delgadas fueron elaboradas en los laboratorios de INGEOMIN y entregado al Instituto Autónomo Minas Bolívar (IAMIB). Para realizar una sección delgada se siguió el siguiente procedimiento:

1. Se obtuvo la muestra cortada de acuerdo con el procedimiento de corte de roca.
2. Se tomó un porta objetos y se identificó con la misma nomenclatura de la laja de roca.
3. Luego se rebajó ligeramente con abrasivo carborundum 600 una cara de la laja de roca y un cara del porta objetos.
4. Se colocó en la plancha y se calentó hasta alcanzar la temperatura donde la bálamo termoplástico se deslizó sobre las caras de la laja de roca y del portaobjeto que fueron rebajadas.
5. Posterior a esto, se unieron ambas caras untadas con el bálamo termoplástico, y se presionó ligeramente haciendo pequeños movimientos circulares para eliminar las burbujas de aire.
6. Utilizando la máquina devastadora y abrasivo carborundum 120 se dejó desgastar la laja pegada al portaobjeto la más delgada posible.
7. Se siguió el proceso de desgaste de la laja, realizando movimientos circulares sobre una lámina de vidrio utilizando abrasivos carborundum 400, 600, y 1000 sucesivamente, hasta obtener un espesor aproximado de 0,03 mm o 30 micras. Luego se va observando en el microscopio la laja de

roca, teniendo un mineral guía como patrón, observándose el desgaste de los colores hasta llegar al espesor deseado.

8. Cuando se obtuvieron los colores deseados, se lava y se seca la sección delgada.
9. Para finalizar se identificó la sección delgada con una etiqueta.

4.7.3.3 Descripción petrográfica

No existe ninguna Norma UNE para la descripción petrográfica de granitos ornamentales. Estos análisis fueron realizados en los laboratorios de INGEOMIN solicitado por el Instituto Autónomo Minas Bolívar (IAMIB). Entre los aspectos considerados para evaluar en un análisis petrográfico se encuentran:

1. Identificación de los minerales por sus características ópticas.
2. Estimación del porcentaje de cada mineral mediante conteo visual.
3. Tamaño promedio de los granos.
4. Forma e interrelación de los diferentes minerales que constituyen las muestras.
5. Textura y estructura de la roca.

La descripción petrográfica se efectuó mediante observación macroscópica y análisis microscopio polarizante en secciones finas que se emplean universalmente para este tipo de estudios. Para realizar la descripción petrográfica se siguieron los siguientes pasos:

1. Se observó la roca microscópicamente en la sección delgada y se señalaron los rasgos más resaltantes: si es dura, su homogeneidad, estado de alteración, orientación, tamaño de grano, fractura, color, etc.

2. Se ajustó el microscopio para su utilización con luz transmitida y posterior a esto, se colocó la sección delgada de la roca efectuando una revisión general a toda la lámina, con luz natural (nicos paralelos), primero y luego con luz polarizada (nicos perpendiculares), con el objetivo de ver los minerales félsicos, los máficos, su arreglo, textura de la roca y tamaño del grano.
3. Se identificaron todos los minerales componentes de la roca, apoyándose en todas sus características ópticas, cristalográficas o paragénesis.
4. Luego se describieron cada uno de los minerales, comenzando por el más abundante y continuando con los otros en orden de abundancia decreciente, de igual forma, señalando el tipo de mineral (nombre), cantidad (%), tamaño del grano, forma, orientación, alteración, fractura, inclusiones, cataclasis, maclación, zonación y asociación.
5. Con esta información se revisó la bibliografía y las tablas de clasificación de rocas, para luego determinar su tipo y denominación.

Si la roca es de grano muy fino, o está alterada, (lo que hace difícil la identificación de los granos minerales al microscopio), es recomendable hacer análisis de Difracción de Rayos X como apoyo al análisis petrográfico. Si la roca tiene abundantes minerales opacos, se recomienda elaborar una sección pulida para hacer análisis mineralográfico, como apoyo al análisis petrográfico.

4.7.3.4 Análisis geoquímico

Para realizar el ensayo por absorción atómica se utilizó un espectrofotómetro de absorción atómica Perkim Elmer. Ms 100 con límite de detección de 0.001 mg/l.

El procedimiento es el siguiente:

1. Se pesó 0.5 gr de la muestra en un Crisol de platino.
2. Se le agrega 3 gr de carbonato de sodio y 1 gr de borato de sodio
3. Mezclar y fundir a 1000°C.
4. Se colocó en Beaker de 400 ml y se agrega 100 ml de HCL al 50% hasta disolver la muestra.
5. Filtrar la solución y tapar el residuo.
6. Colocar en un crisol de platino y calcinar.
7. Agregar 5 ml de HF y 1 ml de HNO₃
8. Calentar suavemente hasta disolver y se transfiere a la solución filtrada anteriormente.
9. Aforar a 200 ml en Balón.
10. Se determinan las concentraciones de los elementos por Espectrofotometría de Absorción Atómica.

4.7.3.5 Elaboración de mapa topográfico, geológico y estructural

Los mapas topográfico, geológico y estructural se elaboraron a través de software especializado de Sistema de Información Geográfica (SIG), donde una vez elaborado el mapa topográfico a detalle a través de los datos obtenidos en campo y con la ayuda de imágenes satelitales, se procedió a elaborar el mapa geológico de superficie según corresponde a la zona.

El mapa estructural se obtiene a través de todas las mediciones realizadas en el afloramiento de su estructura geológica donde estas mediciones se plasmaron en el mapa geológico de superficie.

4.7.3.6 Elaboración de perfiles topográficos

Se elaboran perfiles topográficos para conocer la geomorfología y pendiente del afloramiento para su replanteo en el área de explotación del este macizo rocoso.

4.8 Redacción del informe final

Se elabora el informe final donde se mostrará todo el estudio realizado en el afloramiento Gran Rey, se describirá todo los resultados obtenido de este estudio geológico y sus recomendaciones.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1 Delimitación del afloramiento a través de levantamiento topográfico, mediante la lectura y registro de coordenadas con el uso de geoposicionador satelital (GPS)

El afloramiento Gran Rey (noreste) se delimita a través de levantamiento topográfico utilizando geoposicionamiento satelital (GPS) obteniendo lectura de sus coordenadas UTM REGVEN Norte y Este de cada punto de estación en la masa rocosa, midiendo la variación vertical, es decir, la cota de cada punto visado en campo para elaborar un modelo digital de elevación probable del afloramiento que a través de este se generaran curvas de nivel, cálculos de área y volumen de roca del afloramiento delimitado

En la siguiente Figura 5.1 se muestra la delimitación de afloramiento Gran Rey (noreste), las curvas de nivel y el modelo digital de elevación, obtenido por medio de software especializado en Sistema de Información Geográfica (S.I.G).

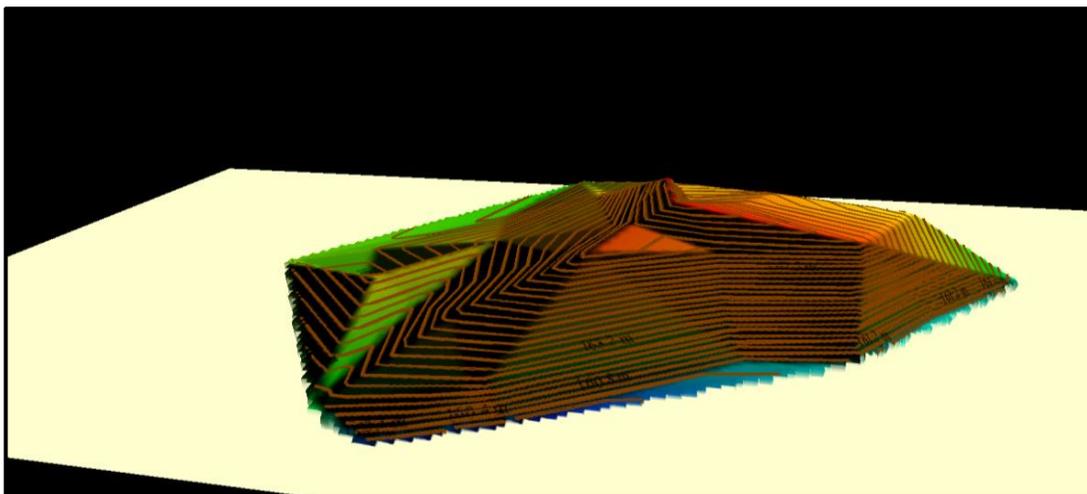


Figura 5.1 Modelo digital de elevación del afloramiento Gran Rey (noreste).

5.2 Clasificar el tipo de roca presente en la zona por medio de descripciones macroscópica, microscópica y textural de las muestras del afloramiento Gran Rey

El margen izquierdo de la de la vía Palma Sola - Guri afloran en forma de domos discontinuos un conjunto de gneises cuarzo-feldespáticos-biotíticos de grano fino a medio de color gris claro con tonos bandeados rosados, cubiertos por una escasa vegetación (Figura 5.2). Los afloramientos de rocas gnéicas se muestran sin fractura con una tendencia estructural noreste. Macroscópicamente la roca es de fábrica textural gnéica de grano fino a medio construidas por los minerales esenciales cuarzo, feldespato potásico rosado \pm ortosa y biotita. Algunos minerales ferromagnesianos muestran un leve grado de oxidación.



Figura 5.2 Gneis cuarzo feldespáticos biotíticos con un leve grado de oxidación.

5.2.1 Muestra M-1 (Gneis feldespático)

Descripción macroscópica: se presenta como una roca dura, fresca, de granulometría fina a media, heterogénea, con textura granítica y minerales de color gris claro con tonos rosa (Figura 5.3) donde se contabiliza sus minerales (Tabla 5.1) (Figura 5.4).



Figura 5.3 Muestra M1 con presencia de minerales gris claro con tono rosado.

Tabla 5.1 Porcentaje de minerales presenta en la muestra 01.

Minerales	Porcentaje
Feldespato Potásico	35%
Biotita	12%
Cuarzo	26%
Plagioclasas	20%
Anfíbol	7%

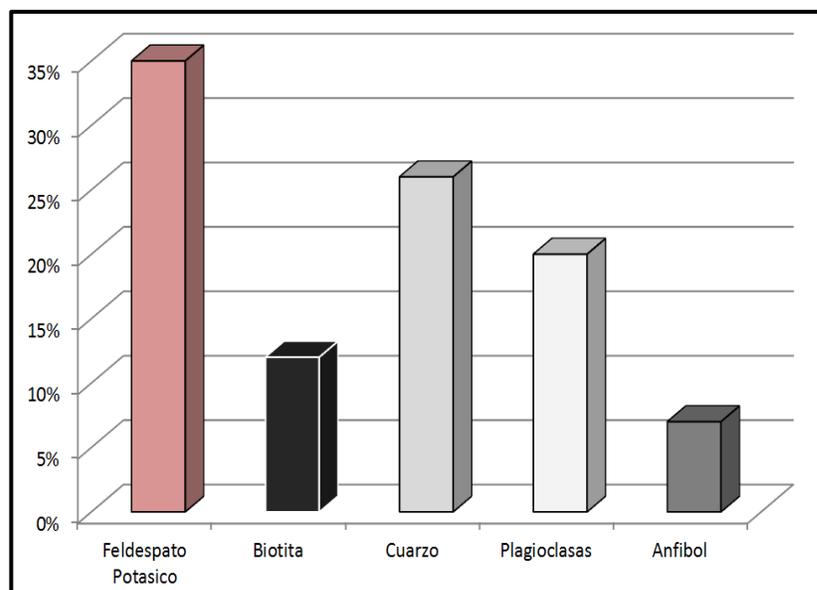


Figura 5.4 Porcentaje de minerales en la muestra 01.

5.2.2 Muestra M-2 (Gneis cuarzo feldespático biotítico)

Descripción macroscópica: a simple vista es una roca dura, orientada, homogénea, de grano fino a medio, algunos gruesos y de color gris claro rosáceo (Figura 5.5) donde se contabiliza sus minerales (Tabla 5.2) (Figura 5.6).

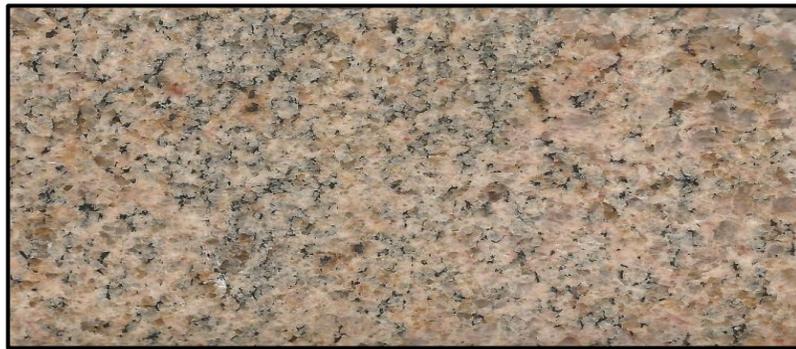


Figura 5.5 Muestra 02 con presencia de minerales de color gris claro rosáceo.

Tabla 5.2 Porcentaje de minerales presenta en la muestra 02.

Minerales	Porcentaje
Feldespato Potásico	35%
Biotita	12%
Cuarzo	26%
Plagioclasas	20%
Anfíbol	7%

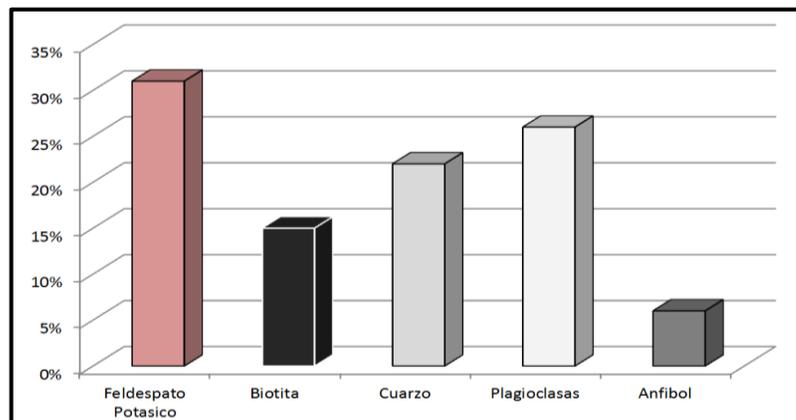


Figura 5.6 Porcentaje de minerales en la muestra 02.

5.2.3 Descripción microscópica de roca Gneis cuarzo feldespático biotítico del afloramiento Gran Rey (noreste)

Bajo el microscopio se observa plagioclasa oligoclasa (~ 40%), granuda, de tamaño grueso a medio, mayormente subhedral y escasas anhedral, con maclas difusas, en algunos de sus bordes se observan estructuras mirmequitas con el cuarzo y feldespatos con fracturas rellenas de sericita. Le sigue en orden de abundancia decreciente cuarzo (~ 25%), granudo, de tamaño variable, anhedral, con extinción ondulante, en partes con fracturas rellenas de sericita, algunos presentan bordes triturados, rodeados de feldespato, formando intercrecimiento gráfico con él y estructuras mirmequíticas con plagioclasa. También se observa feldespato, subhedral, intersticial con el cuarzo y la plagioclasa. Estos minerales se presentan con inclusiones de cuarzo, apatito, micas y opacos. Los minerales máficos presentes están conformados por mica biotita y anfíbol. La mica biotita (~ 15%), se presenta en prismas delgados, euhedral, de tamaño fino a medio, algunas cloritizadas y asociadas con anfíbol, tipo horblenda (<3%), esfena, epidoto y opacos. A pesar de que la segunda muestra tiene una pequeña variación en lo que respecta a minerales opacos (5%), esto no afecta la homogeneidad del granito (Figura 5.7).

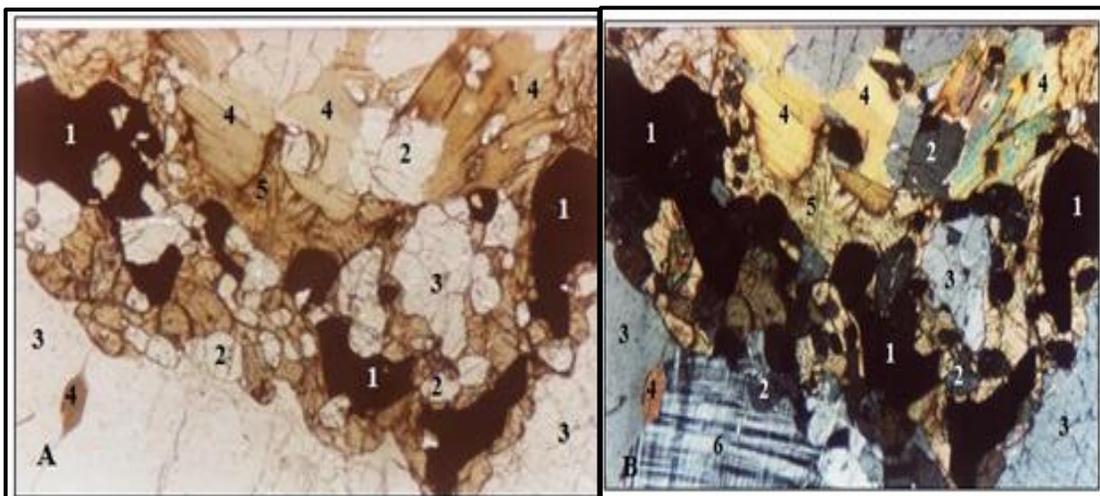


Figura 5.7 Descripción microscópica de roca Gneis cuarzo feldespático biotítico del afloramiento Gran Rey noreste.

Gneis granítico: (A) Muestra observada sin el analizador y (B) Muestra observada con el analizador. Se puede apreciar en esta muestra la presencia de minerales opacos magnetita, hematita e ilmenita (1), también se observa apatito en extinción (2), hay presencia de cuarzo (3), en la muestra se aprecia un mayor porcentaje de biotita (4), se encuentra también una cierta cantidad de feldespato tipo microclino (5) y por último se detalla la esfena (6).

5.2.4 Interpretación del protolito granítico de rocas del afloramiento Gran Rey

La clasificación, se realiza a través de diagrama de Streckeisen (Figura 5.8), con los porcentajes de los minerales obtenidos en la descripción visual de muestras de rocas, se clasifica según este diagrama un tipo de roca: Monzogranito, protolito que conforma el macizo rocoso Gran Rey.

El Monzogranito se distingue como un subtipo dentro del término de clasificación general de granito, se trata de un granito gris claro bastante equigranular, con tamaños de grano que oscilan entre 1 y 5 mm. Los principales minerales que lo forman son cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa y biotita. Como minerales accesorios presentan cordierita, moscovita, apatito, circón, opacos y monacita.

Este granito presenta unas características mineralógicas de los granitos tipo I, dada la presencia de biotita como único mineral máfico y las proporciones homogéneas de cuarzo, feldespato y plagioclasa que presenta. Estas características indican que este magma es producto de un proceso de fusión y diferenciación magmática hasta emplazarse en la corteza en regiones superiores, favoreciendo este ascenso por las diferencias de densidad del magma con la roca de caja.

El ambiente tectónico en el que se emplazan estas rocas podría estar relacionado con distintos contextos geodinámicos, aunque los más comunes para la formación de rocas graníticas se trata de ambientes de arco continental en el que se generan fundidos de la cuña magmática que subduce provocando distintos tipos de fundidos. Las rocas graníticas también se pueden asociar a contextos de colisión continental en el que se forman fundidos por anatexia que pueden variar en función de las condiciones de colisión, sincolisionales o postcolisionales, aunque generalmente se forman por reajustes de los gradientes geotérmicos que generan magmas de un marcado carácter félsico ya que los magmas se generan a partir de rocas de la corteza.

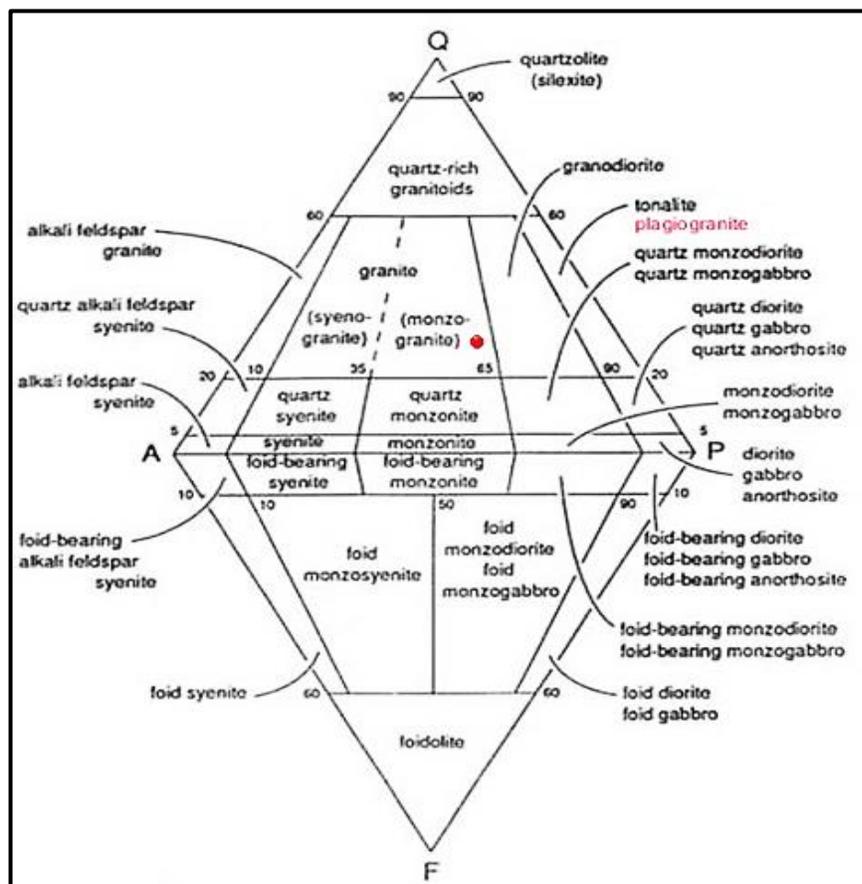


Figura 5.8 Diagrama de Streckeisen. (Mendoza, V. 2000).

5.3 Elaborar el mapa geológico de superficie, para la determinación de las unidades geológica presente en el área

El afloramiento Gran Rey a través del mapa geológico de Venezuela se logra identificar que pertenece a rocas silíceas intrusivas, Imataca completo Arqueano-Proterosoico Temprano.

Alrededor del afloramiento se encuentra arenas de granos media a fino de color pardo con presencia de gravas de diferente granulometría, en el mapa Geológico se identifica como la Sedimentos Recientes de edad del pleistoceno (Reciente). Esta litología hace contacto con las rocas silíceas intrusivas.

Con toda esta característica geológica del afloramiento Gran Rey (Noreste). Se elabora el mapa geológico de superficie de la zona (Figura 5.9).

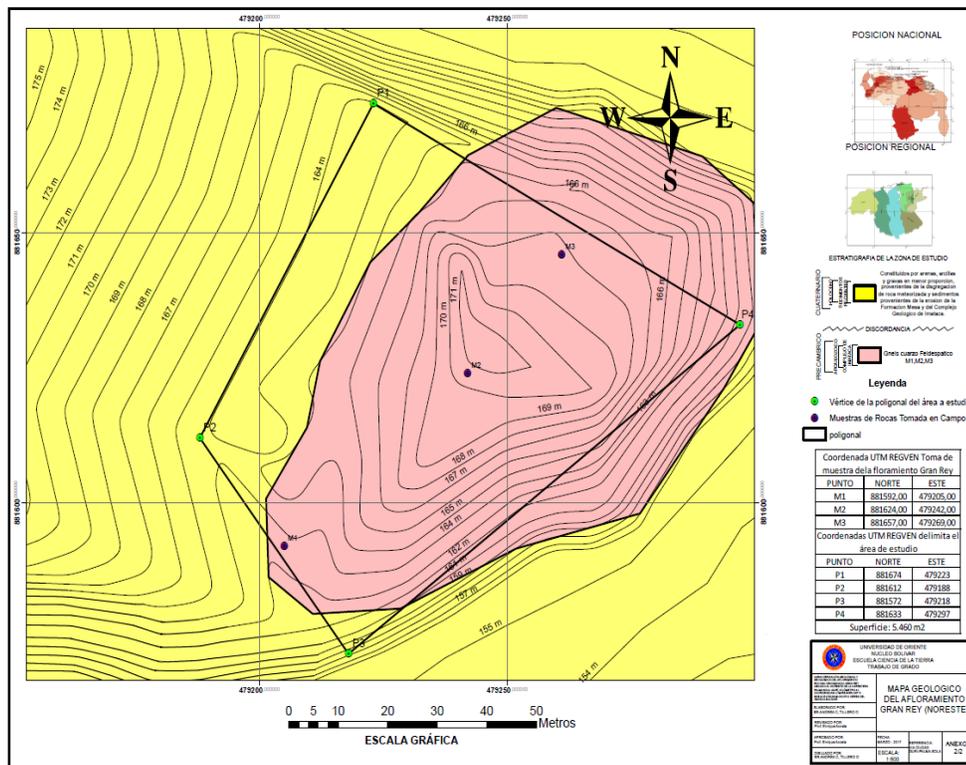


Figura 5.9 Mapa geológico del afloramiento Gran Rey (noreste).

5.4 Determinar la reserva del afloramiento rocoso Gran Rey con fines de aprovechamiento como recurso de mineral no metálico, a través del método computarizado de las Isolneas

Los cálculos del volumen de roca, se realizaron mediante el método de secciones horizontales o isolneas computarizado (Figura 5.10 y 5.11), por cada nivel de explotación, ubicado dentro del área de excavación final “open pit” previsto para el yacimiento (Figura 5.12), entre las cotas 166 y 170 msnm.

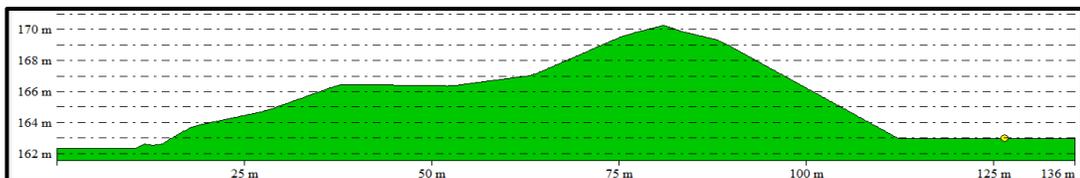


Figura 5.10 Sección transversal A-A' con dirección Suroeste-Noreste.

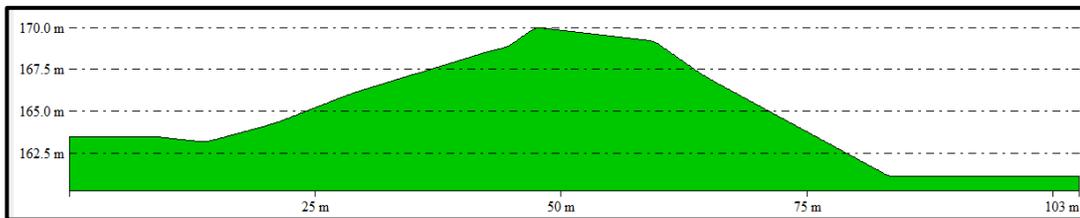


Figura 5.11 Sección transversal B-B' con dirección Noroeste-Sureste.

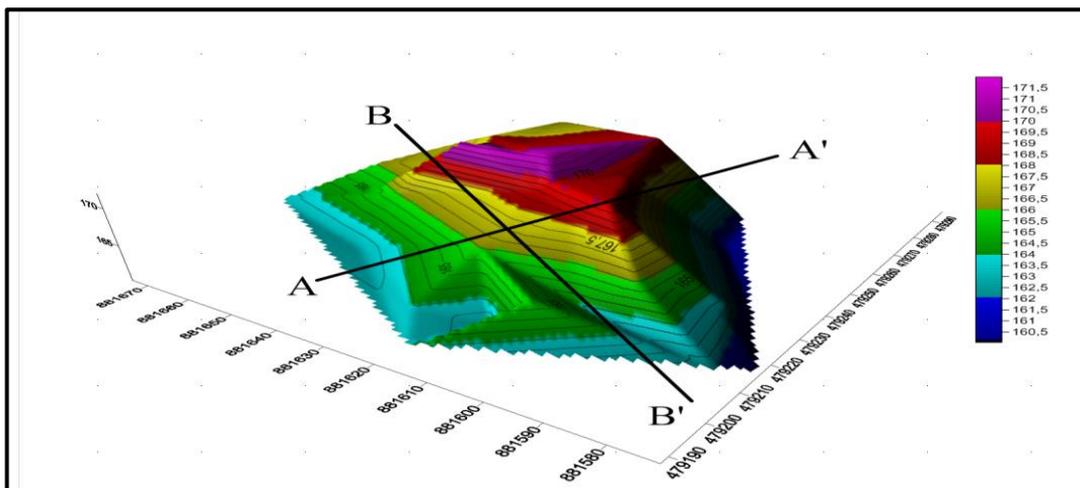


Figura 5.12 Cálculos del volumen de roca mediante el método de secciones horizontales o isolneas computarizado.

Área total de afloramiento Gran Rey (noreste): **5.460 m²**

Volumen total de roca Gran Rey (noreste): **38.690,69 m³**

Altura promedio del afloramiento: **7,08 m**

Tonelaje del afloramiento: $38.690,69 \text{ m}^3 / 2,77 \text{ tn/m}^3 = \mathbf{13.967,75 \text{ tn}}$ de reserva de recurso.

5.5 Analizar la composición geoquímica del afloramiento Gran Rey a través de ensayos de laboratorio geoquímico

Determina el contenido de los diferentes elementos químicos en la roca. Cada muestra fue analizada en los siguientes elementos:

Óxido de silicio (SiO₂), óxido de aluminio (Al₂O₃), óxido de hierro (Fe₂O₃), óxido de sodio (Na₂O₃), óxido de potasio (K₂O), óxido de magnesio (MgO), fósforo (P), óxido de calcio (CaO).

1. El carácter ácido de las rocas ocurrentes en el área de estudio. Expresado en valores de contenido de óxido de silicio, (cuarzo), de 68,34 al 70,18%.
2. El porcentaje de hierro, con valores 5,99 % el mineral que aporta este elemento es la biotita.
3. El porcentaje de potasio mayor que el porcentaje de sodio revela el carácter potásico del feldespato.

Tabla 5.3 Análisis geoquímico del afloramiento Gran Rey.

ANALISIS QUIMICO DE ROCA GRAN REY (NORESTE)					
PARAMETRO	M-1	M-2	M-3	Promedio	Unidades
SiO ₂	68,34	69,56	70,18	69,36	%
Al ₂ O ₃	13,95	12,74	13,81	13,50	%
TiO ₂	0,10	0,09	0,12	0,10	%
Fe ₂ O ₃	6,53	5,81	5,63	5,99	%
CaO	1,18	1,23	1,19	1,20	%
MgO	0,15	0,13	0,10	0,13	%
Na ₂ O	2,97	3,08	3,45	3,17	%
K ₂ O	4,83	5,11	4,57	4,84	%
MnO ₂	0,09	0,05	0,07	0,07	%
Total	98,14	97,80	99,12	98,35	%

Las rocas ígneas se pueden dividir en base a la alcalinidad ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$), en rocas alcalinas y rocas subalcalinas, basándose en la relación del álcalis con respecto a la sílice.

De este análisis químico realizado a las tres muestras (Tabla 5.3) determinó que la roca tiene mayor contenido de alúmina Al_2O_3 con respecto a la alcalinidad ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) y CaO, la roca se puede clasificar como Granito Peraluminoso ($\text{Al}_2\text{O}_3 > \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{CaO}$) de tipo S que se deriva por anatexis o fusión parcial de rocas, característico del Complejo de Imataca con presencia de migmatita y xenolitos.

Del diagrama de Wilson, M. (1989) se clasifican las rocas de acuerdo a la relación total Álcalis vs Sílice; los parámetros utilizados en dicha clasificación serán determinados en la Tabla 5.3, de acuerdo a lo observado en la Figura 5.13, la roca tiene tendencia Sub-alcalina, clasificándola como Granito.

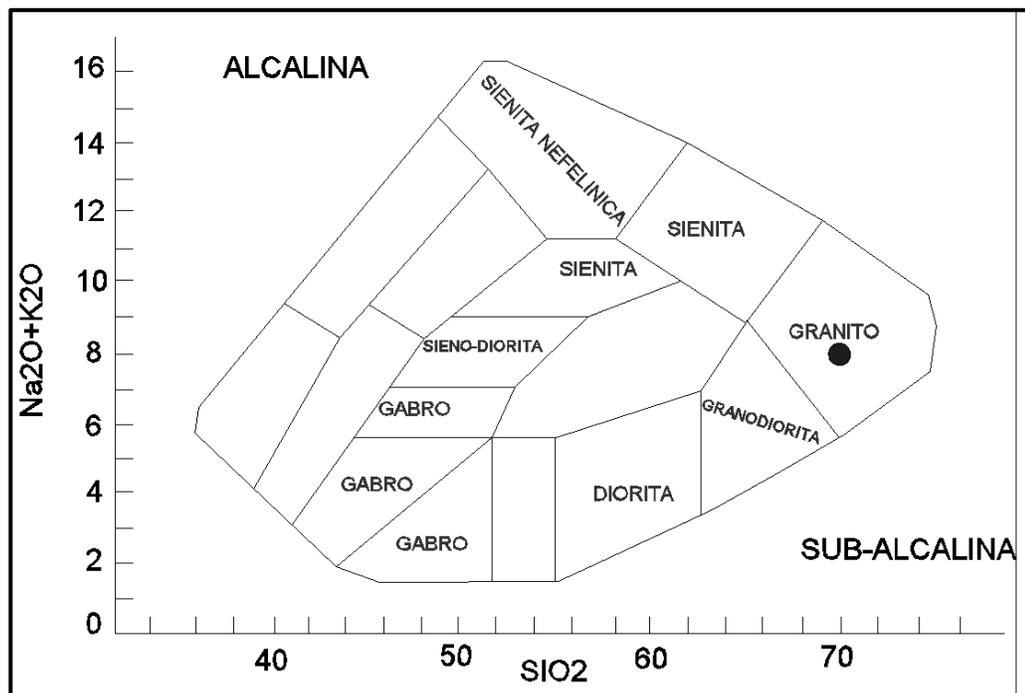


Figura 5.13 Diagrama de Wilson, M. (1989). Clasifica las rocas de acuerdo a la relación Total Álcalis vs Sílice.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. El afloramiento Gran Rey se localiza dentro del Complejo de Imataca y la Faja de Santa Rosa.
2. En este afloramiento se determinó la presencia de dos (02) unidades geológicas, las cuales son: Gneis granítico; de la Provincia Geológica de Imataca y la unidad de sedimentos recientes (Pleistoceno).
3. Las muestras P-1; P-2 y P-3 presentan un promedio de los siguientes minerales: Cuarzo (26%), Feldespato potásico (35%), Plagioclasa sódica (20%), Biotita (12%), Anfíbol (7%).
4. De la clasificación de la rocas se determinó gneises cuarzo-feldespáticos-biotíticos de grano fino a medio de color gris claro con tonos bandeados rosados.
5. Del ensayo petrográfico se aprecia la presencia de minerales opacos (magnetita, hematita e ilmenita, apatito en extinción), presencia de cuarzo, un mayor porcentaje de biotita, cierta cantidad de feldespato tipo microclino y por último se detalla la esfena.
6. La clasificación de los domos graníticos, se realiza a través de diagrama de Streckeisen, la cual se determinó un monzogranito se trata de un granito bastante equigranular, con tamaños de grano que oscilan entre 1 y 5 mm.
7. Los cálculos del volumen de roca, se realizaron mediante el método de secciones horizontales o isoclinas computarizado, obteniendo como reserva probable de 13.967,75 tn de roca para explotación.
8. De los ensayos geoquímico se determinó que la roca tiene mayor contenido de alúmina (Al_2O_3), con respecto a la alcalinidad ($Na_2O + K_2O$) y CaO la cual, la roca se puede clasificar como Granito Peraluminoso ($Al_2O_3 > Na_2O + K_2O + CaO$) de tipo S que se deriva por anatexis o fusión parcial de rocas, característico del complejo de Imataca con presencia de migmatita y xenolitos.

Recomendaciones

1. Ampliar el estudio de exploración geológica para determinar con certeza los patrones estructurales a profundidad que presenten los afloramientos para luego evaluar los factores de explotabilidad con el fin de determinar las mejores áreas de interés.
2. Realizar un levantamiento topográfico más detallado empleando el método taquimétrico, para obtener resultados más precisos sobre el área y volumen de estos afloramientos.
3. Efectuar un mayor número de muestreos de roca (densidad de muestreo) en cada uno de los afloramientos con perforaciones a profundidades de diez a doce metros, para estudios posteriores más detallados.
4. Realizar todos los ensayos geomecánicos requeridos para catalogar a la roca como material de uso ornamental o agregados de construcción.

REFERENCIAS

Ampliabiogeo. (2017) **CICLO DE LAS ROCAS**, 18 de Enero de 2017, [[http://www.ampliabiogeo.com/ciclo de las rocas](http://www.ampliabiogeo.com/ciclo%20de%20las%20rocas)].

Arquitecturadigital. (2017) **MANUAL DE GEOLOGÍA ESTRUCTURAL**, 20 de Febrero de 2017, [[http://www. Arquitecturadigital.com/sitio/contenidos/ manual de geología estructural](http://www.Arquitecturadigital.com/sitio/contenidos/manual%20de%20geologia%20estructural)].

Arredondo, Elvis. y Romero, Lizmary. (2016) **CARACTERIZACION GEOLOGICA Y GEOQUIMICA DEL AFLORAMIENTO ROCOSO UBICADO ENTRE LA ENCRUCIJADA Y CASERIO BENDICION DE DIOS, SECTOR KM 70, CARRETERA CIUDAD PIAR – PUERTO ORDAZ, MUNICIPIO AUTONOMO HERES, ESTADO BOLIVAR. UDO-BOLIVAR, Ciudad Bolívar, Venezuela. Trabajo de Grado. pp. 18-30.**

Ascanio, T. (1975) **EL COMPLEJO DE IMATACA EN LOS ALREDEDORES DEL DEL COMPLEJO CERRO BOLIVAR.** Venezuela.pp 152-174.

Balestrini, M. (2006) **CÓMO SE ELABORA UN PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.** BL consultores asociados. Servicio Editorial. Caracas, Venezuela. pp 96-102.

Bibliotecad. (2017) **LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO**, 19 de Enero de 2017, [[http://www.Bibliotecad.com/topografia/levantamiento topográfico](http://www.Bibliotecad.com/topografia/levantamiento%20topografico)].

Cmap.unavarra. (2017) **ESTRUCTURA DE LA ROCAS**, 19 de Enero de 2017, [[http://www.cmap.unavarra.com/estructura de la rocas](http://www.cmap.unavarra.com/estructura%20de%20la%20rocas)].

Danhke, G.L. (1989) **INVESTIGACIÓN Y COMUNICACIÓN**, Editorial Mcgraw Hill. Mexico D.F. P 385.

Emaze. (2017) **METEORIZACIÓN**, 1 de Marzo de 2017, [[http://www.Emaze.com/presentación/meteorización](http://www.Emaze.com/presentacion/meteorizacion)].

Enciclopedia Encarta. (2006 a) **GEOLOGÍA BÁSICA**. 15 de enero de 2017.

Enciclopedia Encarta. (2006 b) **TOPOGRÁFICA**, 26 de Febrero de 2017, [[http://www. EnciclopediaEncarta.com/topografía](http://www.EnciclopediaEncarta.com/topografía)].

Espejo, Aníbal. (1974) **GEOLOGÍA DE LA REGIÓN EL MANTECOGURI, ESTADO BOLIVAR, VENEZUELA**. En: MEM Bol.Geol. Pub.Esp. N6, p. 207-248.

Fuentes D. y Chollett. (1979) **APUNTES DE LA ESCUELA DE GEOLOGÍA Y MINAS U.C.V.** Caracas. pp 75-81.

Geoaprendo. (2017) **CLORITA**, 09 de Febrero de 2017, [[http://www.geoaprendo.com/clorita mineral](http://www.geoaprendo.com/clorita_mineral)].

Heinrich, E. (1.972) **PETROGRAFIA MICROSCOPICA**. Ediciones Omega S.A., Barcelona - España. Segunda edicion. Pp 37-97.

Hernández, Fernández. y Batista. (1995) **METODOLOGIA 02**. BLOGSPOT. COM/P/OPERALIZACION-DE-VARIABLES.HTM 11/11/2016.

Hurley, P.M., Fairbairns, H.W., Gaudette, H, Mendoza, V. y Espejo, A., 1.977. **PROGRESS REPORT ON RB-SR AGE IN DATING NORTHERN GUAYNA SHIELD. EN: CONG. LATINOAMERICANO 2**, Caracas. MEM Pub. Esp. 7 ,p 3035-3044.

Hurtado, Jacqueline. (2009) **EL PROYECTO DE INVESTIGACION: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION HOLISTICA**, Editorial Quiron 3era ed, Caracas-Venezuela, pp 246-247.

Lexicoon. (2017) **GEOLOGÍA BÁSICA**, 06 de Febrero de 2017, [[http://www.lexicoon.org/geología básica/minerales/ mineral almandino](http://www.lexicoon.org/geología_básica/minerales/mineral_almandino)].

Llopis Trillo, Guillermo. (1992) **MANUAL DE ROCAS ORNAMENTALES, PROSPECCIÓN, EXPLOTACIÓN, ELABORACIÓN Y COLOCACIÓN**. Entorno Gráfico, Madrid – España.

Martinez, A. (2017) **PETROLOGÍA BÁSICA**. Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela. P 25.

Mendoza V. (2000) **EVOLUCIÓN GEOTECTÓNICA Y RECURSOS MINERALES DEL ESCUDO DE GUAYANA EN VENEZUELA (Y SU RELACIÓN CON EL ESCUDO SUDAMERICANO)**. Patrocinado por Hecla, pp 22, 39; 42, 46-48.

Paulo, Ángel, (2000). **ESTUDIO SOBRE LA FACTIBILIDAD DEL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA DE GRANITOS ORNAMENTALES EN EL ESTADO BOLÍVAR Y SU PARTICIPACIÓN EN EL MERCADO GLOBAL**. Ciudad Bolívar - Venezuela. Trabajo de Ascenso. pp. 18-30.

PDVSA-INTEVEP. (1997) **CODIGO GEOLOGICO DE VENEZUELA (CGV)**, 5 de marzo 2009, [<http://www.pdv.com/lexico>].

Sabino, C. (1992) **EL PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN**. Editorial Panapo. Caracas.

Servicio geológico colombiano. (2015) **MAPA GEOLOGICO DE COLOMBIA**. 22 de febrero de 2015, [<http://www.sgc.gov.co/Geologia/Mapa-geologico-de-Colombia.aspx>].

Slideshare. (2017) **MINERALOGÍA**, 06 de Febrero de 2017, [<http://www.slideshare.com/minerarologia/minerales-metamorfico>].

Tarbuck, Edward. y Lutgens, Frederick. (2010) **CIENCIAS DE LA TIERRA – INTRODUCCION A LA GEOLOGIA FISICA**. Madrid 2010, 8 va edición.

Topografiadatos (2017) **TOPOGRÁFICA**, 15 de Febrero de 2017, [<http://www.topografiadatos.com/levantamiento-topografico>].

Turner F. (1963) **PETROGRAFÍA**. Primera Edición, Centro Regional de Ayuda técnica, Agencia para el desarrollo Internacional (AID), México.

Universidad Castilla-La Mancha. (2017) **INTRODUCCIÓN A LA GEOQUÍMICA**, 20 de Febrero de 2017, [<http://www.uclm.es/profesorado/geoquimica/introduccion-a-la-geoquimica>].

Universidad Complutense de Madrid. (2017) **ROCAS METAMÓRFICA**, 18 de Enero de 2017, [[http://www.ucm.com/rocas metamórfica](http://www.ucm.com/rocas%20metamorfica)].

UPEL, 2006. **MANUAL DE TRABAJO DE GRADO DE ESPECIALIZACIÓN Y MAESTRÍA Y TESIS DOCTORALES. FONDO EDITORIAL DE LA UNIVERSIDAD EXPERIMENTAL LIBERTADOR**. 3era Reimpresión, Venezuela. 2006.

Wikipedia. (2017) **ESTAUROLITA**, 09 de Febrero de 2017, [<http://www.lwikipedia.org/estaurolita>].

Wilso, M (1989). **IGEOUS PETROLOGENESIS**. Harpe Collins Academic. London

APÉNDICES

APÉNDICE A
ENSAYO GEOQUÍMICO

A 1 Ensayo Geoquímico de las muestras recolectadas en el afloramiento



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NUCLEO DE BOLIVAR – ESCUELA CIENCIAS DE LA TIERRA
CENTRO DE GEOCIENCIAS

Solicitante: ANDREA TILLERO

Muestra: Rocas

Lugar: Sector km 41, Vía Ciudad Bolívar – Gurí, Municipio Heres

Fecha: 16 / Diciembre / 2016

ANALISIS QUIMICO DE ROCAS

PARAMETRO	M - 1	M - 2	M - 3	Unidades
SiO ₂	68.34	69.56	70.18	%
Al ₂ O ₃	13.95	12.74	13.81	%
TiO ₂	0.10	0.09	0.12	%
Fe ₂ O ₃	6.53	5.81	5.63	%
CaO	1.18	1.23	1.19	%
MgO	0.15	0.13	0.10	%
Na ₂ O	2.97	3.08	3.45	%
K ₂ O	4.83	5.11	4.57	%
MnO ₂	0.09	0.05	0.07	%


 Qim. Isidro Farías

Analista Centro de Geociencias


 Prof. Francisco Montevede

Director de la Escuela Ciencias de la Tierra

ANEXOS

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso –
1/6

Título	CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOQUÍMICA DEL AFLORAMIENTO ROCOSO DENOMINADO GRAN REY UBICADO AL NORESTE DE LA CARRETERA PALMA SOLA - GURÍ, KILÓMETRO 41, COORDENADAS UTM-REGVEN 20P N 881624 E 479236 MUNICIPIO HERES DEL ESTADO BOLÍVAR
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
ANDREA CELESTE TILLERO OLIVEROS	CVLAC	22.971.383
	e-mail	tilleroandrea@gmail.com
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Afloramiento rocoso
Gneis cuarzo feldespático
Análisis petrográfico
Análisis geoquímico

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/6

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Geología	Geología

Resumen (abstract):

El presente trabajo muestra los resultados de la investigación geológica realizada al afloramiento de roca con posible uso ornamental denominado Gran Rey, ubicado en la vía Palma Sola-Gurí, kilómetro 41, municipio autónomo Heres del estado Bolívar. El objetivo general de esta investigación es reconocer de forma geológica y geoquímica el afloramiento Gran Rey, donde los objetivos específicos planteados son: 1) Delimitar el afloramiento a través de levantamiento topográfico, mediante la lectura y registro de coordenadas mediante el uso de geoposicionador satelital (GPS). 2) Clasificar el tipo de roca presente en la zona por medio de descripciones macroscópica y textural de las muestras del afloramiento Gran Rey. 3) Elaborar el mapa geológico de superficie, para la determinación de las unidades geológica presente en el área. 4) Determinar las reservas del afloramiento rocoso Gran Rey con fines de aprovechamiento como recurso de mineral no metálico, a través del método computarizado de las Isolineas. 5) Analizar la composición geoquímica del afloramiento Gran Rey a través de ensayos de laboratorio geoquímico. El afloramiento Gran Rey se localiza dentro del Complejo de Imataca y la Faja de Santa Rosa. En el área se determinó la presencia de dos (02) unidades geológica, las cuales son: Gneis granítico; de la Provincia Geológica de Imataca y la unidad de sedimentos recientes. Las muestras presentan un promedio de los siguientes minerales: Cuarzo (26%), Feldespato potásico (35%), Plagioclasa sódica (20%), Biotita (12%), Anfíbol (7%). Del ensayo petrográfico se apreció la presencia de minerales opacos (magnetita, hematita e ilmenita, apatito, presencia de cuarzo, un mayor porcentaje de biotita, cierta cantidad de feldespato tipo microclino. La clasificación del tipo de rocas del afloramiento en estudio se determinó un monzogranito según lo estudiado con el diagrama de Streckeisen. Los cálculos del volumen de roca, obtenido como reserva probable son de 13.967,75 Tn de roca para explotación.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/6

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
ENRIQUE ACOSTA	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input checked="" type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	5.082.874
	e-mail	Acosta.enrique176@gmail.com
	e-mail	
BERENICE SANDOVAL	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	8.884.428
	e-mail	Beresandoval@hotmail.com
	e-mail	
JOSE SIMON GONZALEZ	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	13.015.360
	e-mail	Jsgonzalez78@yahoo.es
	e-mail	
	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2017	11	06

Lenguaje Spa

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/6

Archivo(s):

Nombre de archivo
Tesis- .Doc

Caracteres permitidos en los nombres de los archivos: **A B C D E F G H I J K L M N O
P Q R S T U V W X Y Z a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z 0 1 2 3 4 5
6 7 8 9 _ - .**

Alcance

Espacial : _____ (Opcional)

Temporal: _____ (Opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo: Geólogo

Nivel Asociado con el Trabajo: Pre-Grado

Área de Estudio: Departamento de Geología

**Otra(s) Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:
Universidad de Oriente**

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CU Nº 0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC Nº 696/2009"**.

Letdo el oficio SIBI – 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SISTEMA DE BIBLIOTECA
RECIBIDO POR <i>[Firma]</i>
FECHA 5/8/09 HORA 5:30

Cordialmente,

[Firma]
JUAN A. BOLANOS CURVELO
Secretario

C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/manuja

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 6/6

Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009) : “Los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización.”

AUTOR 1

AUTOR 2

TUTOR